

**PENGARUH SANDBLASTING PADA KAYU MERANTI MERAH
DENGAN LAPISAN KOMPOSIT *FIBERGLASS* TERHADAP
KEKUATAN GESER**

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MUHAMAD HENDRA SAPUTRA

NIM. 125060200111037

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

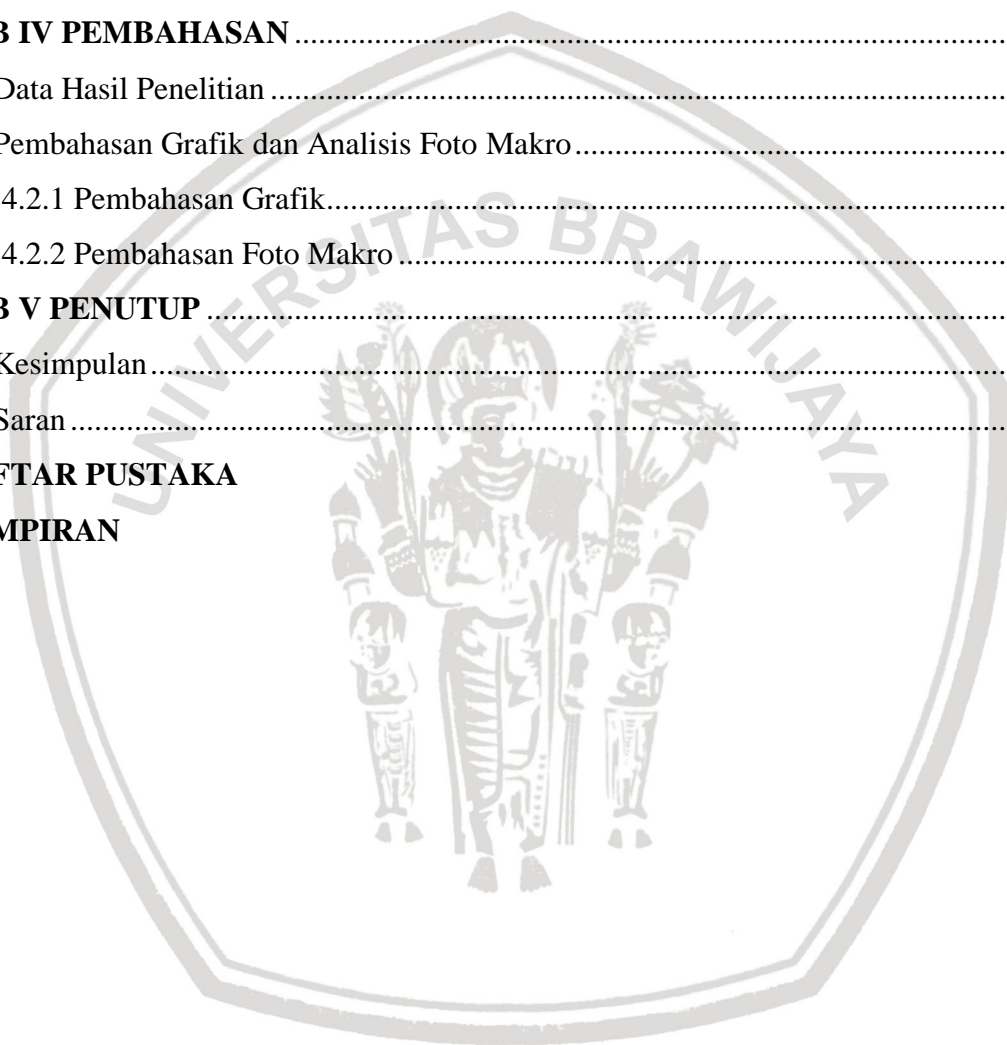
MALANG

2018

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
RINGKASAN.....	viii
SUMMARY	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Komposit	7
2.2.1 Material Komposit.....	7
2.2.2 Klasifikasi Komposit	8
2.3 Kayu.....	12
2.3.1 Komponen dan Struktur Kayu.....	13
2.3.1.1 Komponen Dalam Kayu	13
2.3.1.2 Struktur Dalam Kayu.....	16
2.4 Kayu Meranti Merah	19
2.5 <i>Sandblasting</i>	21
2.5.1 Macam-Macam Abrasif Material untuk <i>Sandblasting</i>	22
2.5.2 Parameter yang Mempengaruhi Proses <i>Sandblasting</i>	22
2.5.3 Prinsip Kerja <i>Sandblasting</i>	23
2.6 Resin Epoksi.....	24
2.7 Kekuatan Geser.....	26
2.8 Teori Mengenai Fraksi Volume.....	31
2.9 Hipotesis	33

BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Metode Penelitian	35
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	35
3.3 Variabel Penelitian	35
3.4 Spesimen Uji.....	36
3.5 Prosedur Penelitian	38
3.6 Rancangan Penelitian	39
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	43
BAB IV PEMBAHASAN	45
4.1 Data Hasil Penelitian	45
4.2 Pembahasan Grafik dan Analisis Foto Makro	47
4.2.1 Pembahasan Grafik.....	47
4.2.2 Pembahasan Foto Makro	48
BAB V PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, berkah dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Pengaruh *Sandblasting* pada kayu meranti merah dengan lapisan komposit *fiberglass* terhadap kekuatan geser”, yang diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan kali ini, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Djarot B. Darmadi, Ir., MT., selaku sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya
2. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D., selaku Sekretaris Jurusan Universitas Brawijaya serta sebagai dosen pembimbing yang selalu memberikan motivasi, pengarahan, serta saran-saran yang membangun tanpa lelah.
3. Bapak Rudianto Raharjo, ST., MT., sebagai dosen pembimbing yang selalu memberikan motivasi dan semangat, memberi pengarahan, saran-saran yang membangun tanpa lelah hingga skripsi ini terselesaikan.
4. Ibu Widya Wijayanti, ST., MT., Dr.Eng., selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan motivasi, bantuan, serta saran-saran yang membangun pada penulis.
5. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin FT-UB yang memberikan segala ilmu dan saran serta masukan yang baik selama perkuliahan di teknik mesin.
6. Kedua orang tua tercinta, yaitu Bapak Heri Susanto dan Ibu Sri Utami yang tidak pernah lelah mendoakan, menasehati, bekerja keras, memberikan dukungan moral serta material yang luar biasa dan memberikan segala yang terbaik untuk penulis.
7. Linda Wieke Noviyanti dan Rizky Fajar sebagai kakak yang selalu mengingatkan, selalu memberikan motivasi dan arahan tanpa henti, selalu mengusahakan yang terbaik buat penulis.
8. Mas Harun, Mas Arsandi, Mas Agung Budi, Mas Arib, Mas Vicky, Mas Huda, Mas Satrio, Mas Mamad, Mas Labib, Mas Christoper yang terus-menerus memberikan motivasi serta masukan agar cepat menyelesaikan skripsi ini.
9. Rohmad Darmawan, Mahathir Subagio, Bhakti Rinanto, Ganesh Wicaksono, Hadyan Muslihan, Bagus Maulidika, Tuter Bagus, Farhan Fachrizal, Ade, Khansa, Kurnia Hartana, Anindia, Bang Fata, Ganda Meynar, Veda, Acunk, Doni serta teman-teman

yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang selalu tanpa henti mengingatkan, memarahi, menghibur serta selalu memotivasi dan membantu dalam menyelesaikan dan menyusun skripsi.

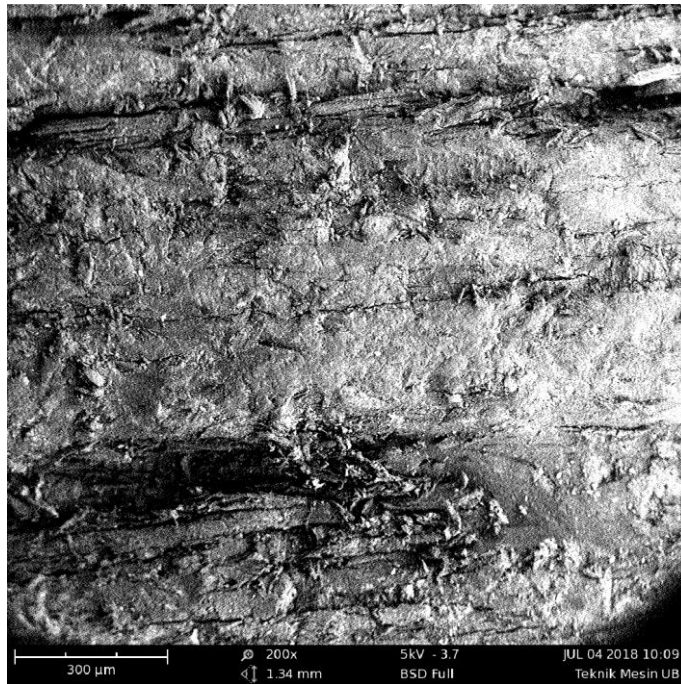
10. Para asisten serta laboran Laboratorium Pengecoran Logam yang selalu memberikan motivasi dan membantu selama penyusunan serta penyelesaian skripsi
11. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Universitas Brawijaya yang telah secara langsung maupun tidak langsung membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Saudara-Saudara Admiral (M'12) yang menjadi teman, rekan dan keluarga selama di bangku perkuliahan.
13. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak bias penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis sadar bahwa skripsi ini jauh dari sempurna baik dari isi maupun format penulisannya. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak agar kedepannya menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, dapat memunculkan ide baru untuk mengembangkan apa yang sudah penulis susun serta dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

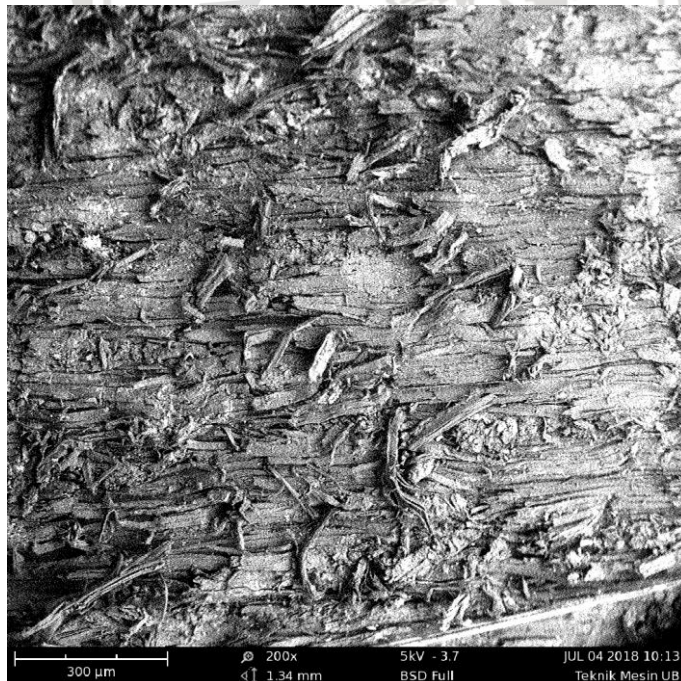
Malang, 20 Juli 2018

Penulis

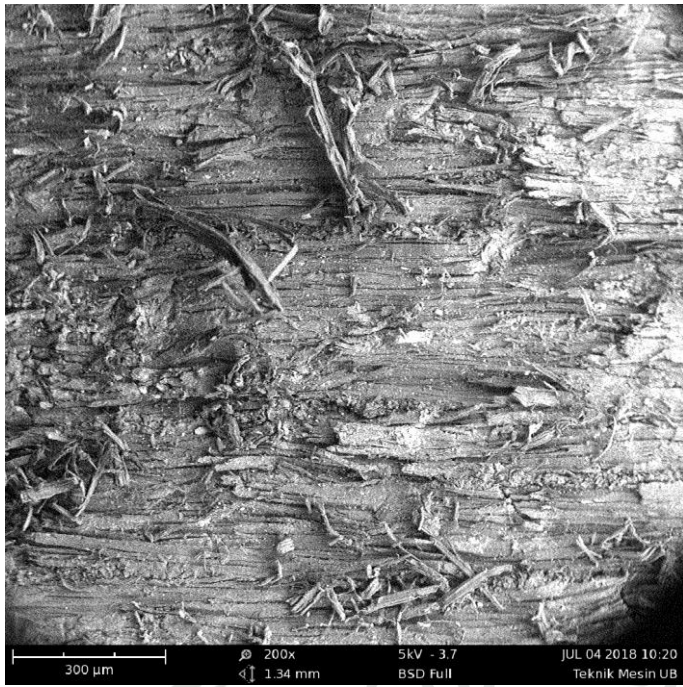
Lampiran 1 Hasil Foto SEM dalam proses pembuatan spesimen uji geser



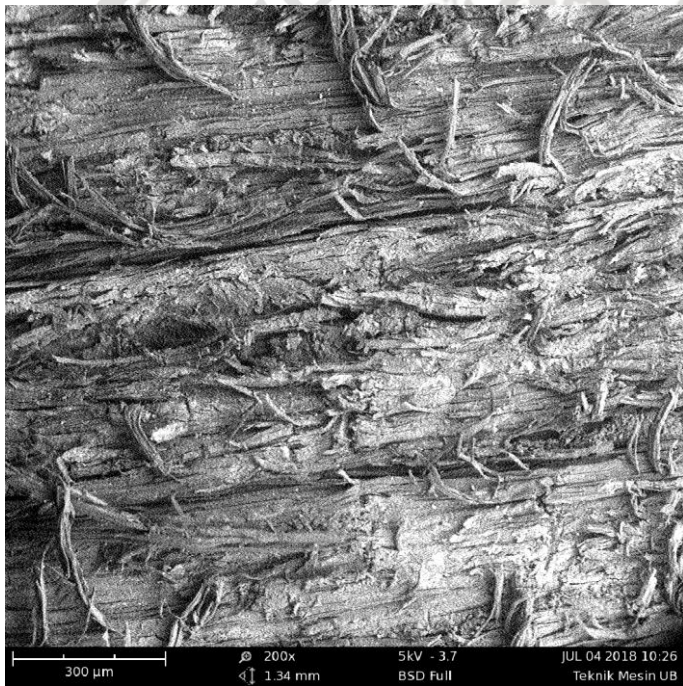
Perbesaran 200 sudut 30°



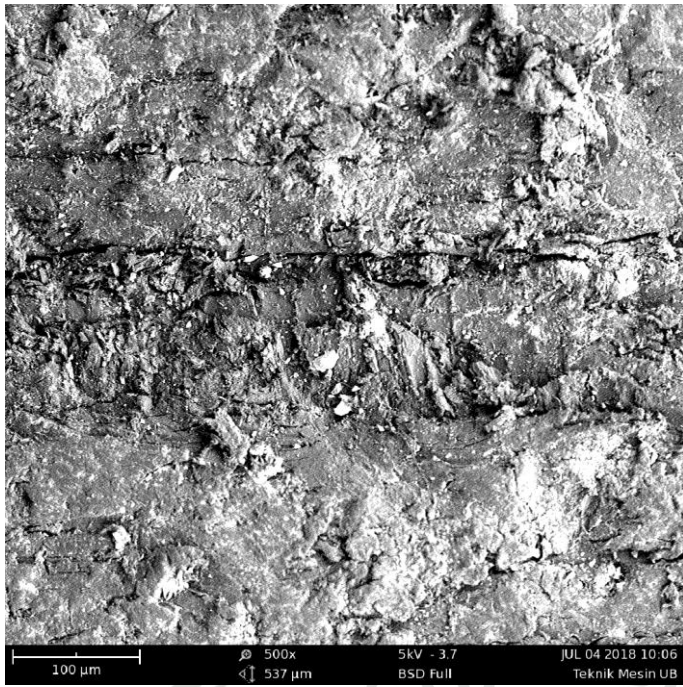
Perbearan 200 sudut 45°



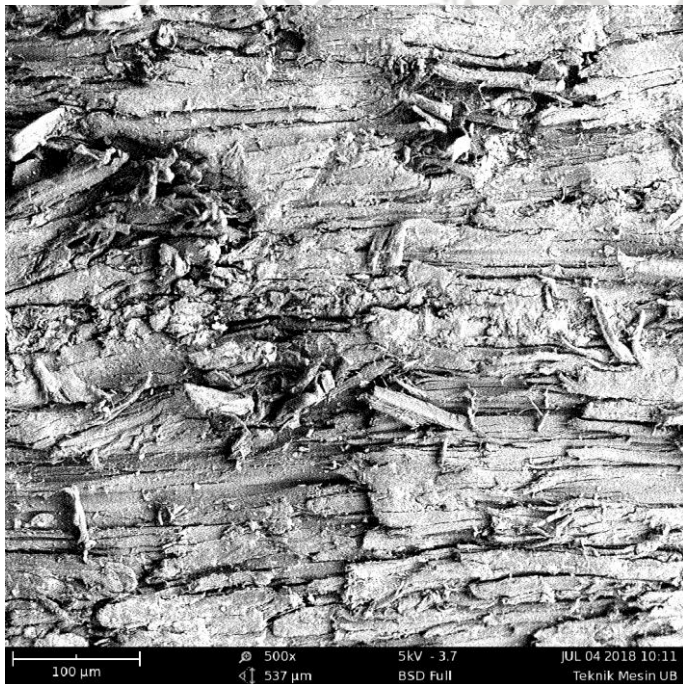
Perbesaran 200 sudut 60°



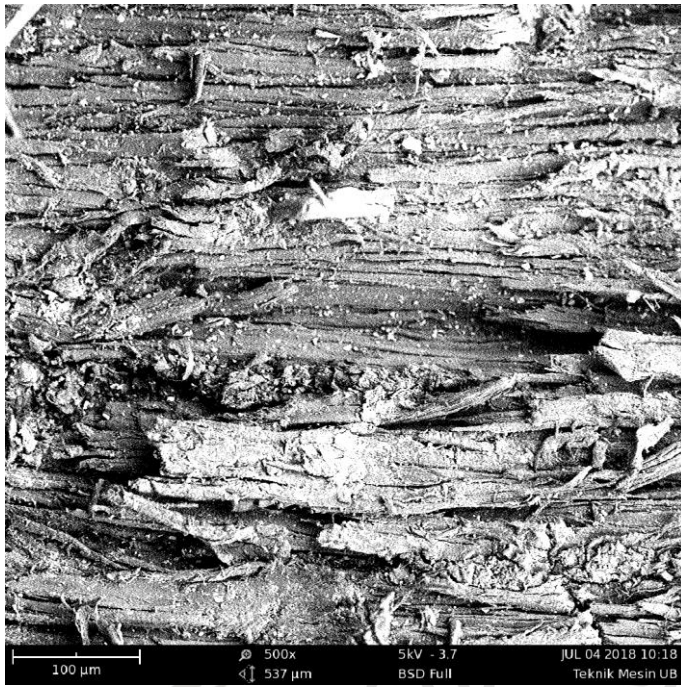
Perbesaran 200 sudut 90°



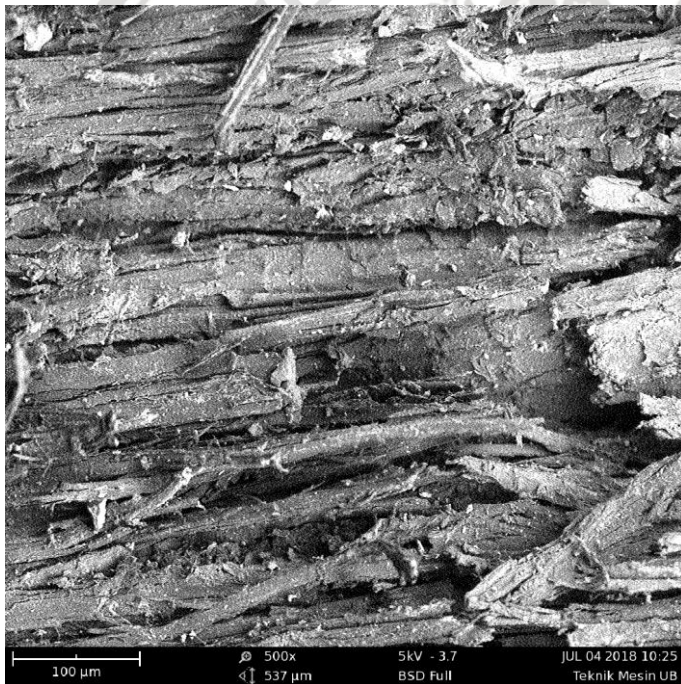
Perbesaran 500 sudut 30°



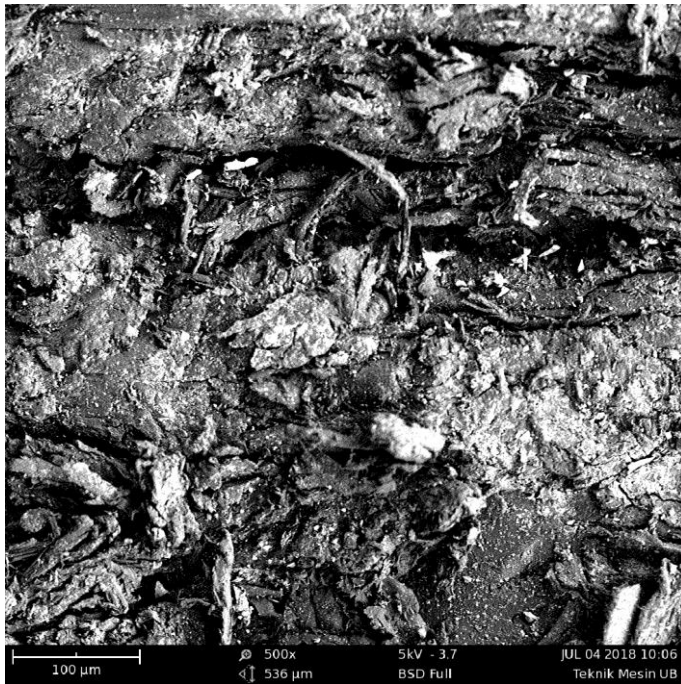
Perbesaran 500 sudut 45°



Perbesaran 500 sudut 60°



Perbesaran 500 sudut 90°



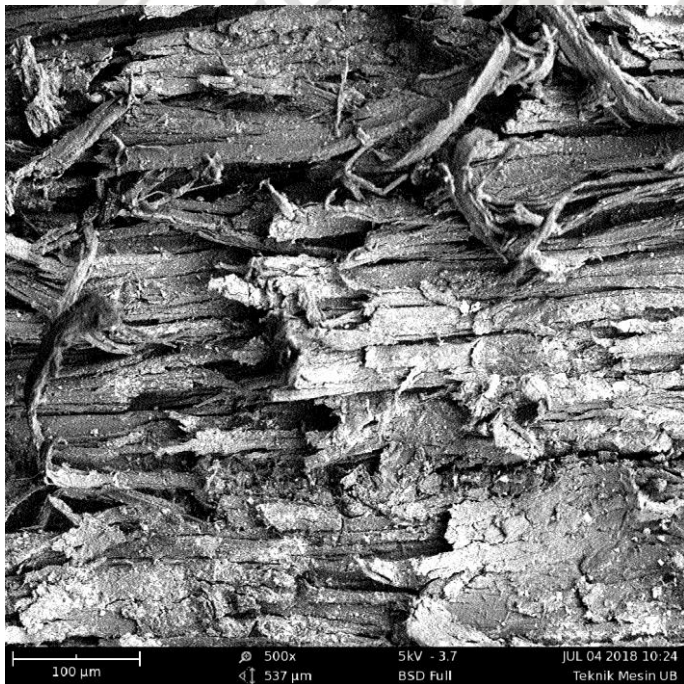
Perbesaran 500 sudut 30°



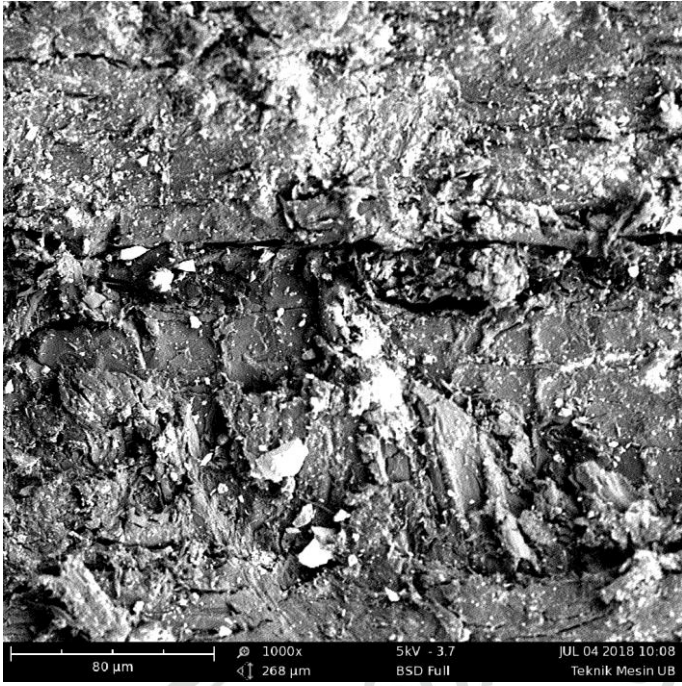
Perbesaran 500 sudut 45°



Perbesaran 500 sudut 60°



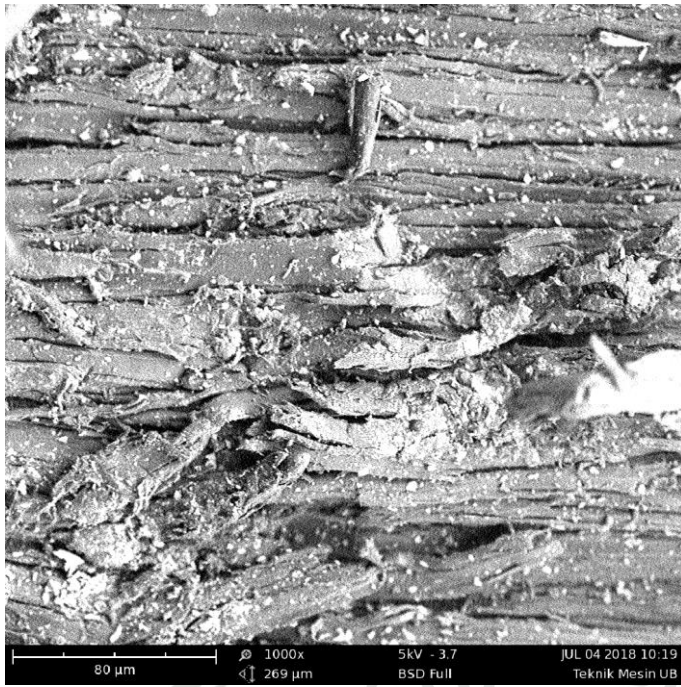
Perbesaran 500 sudut 90°



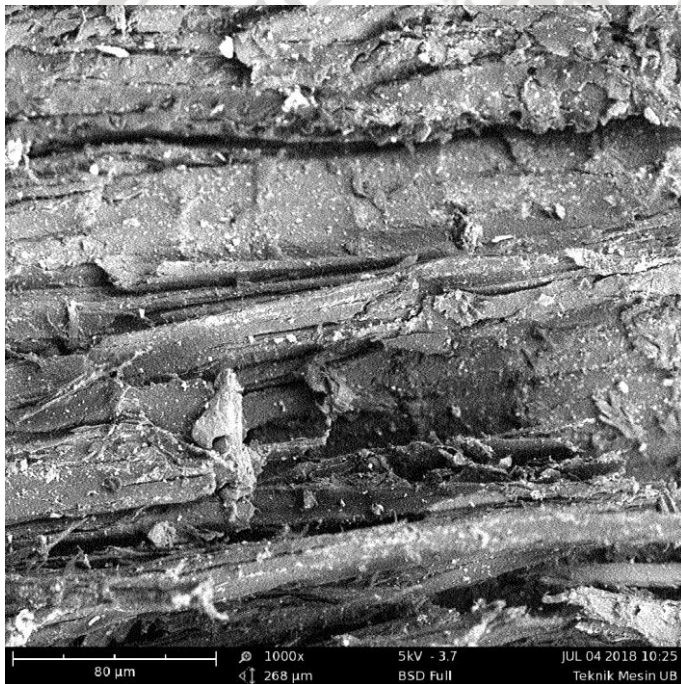
Perbesaran 1000 sudut 30°



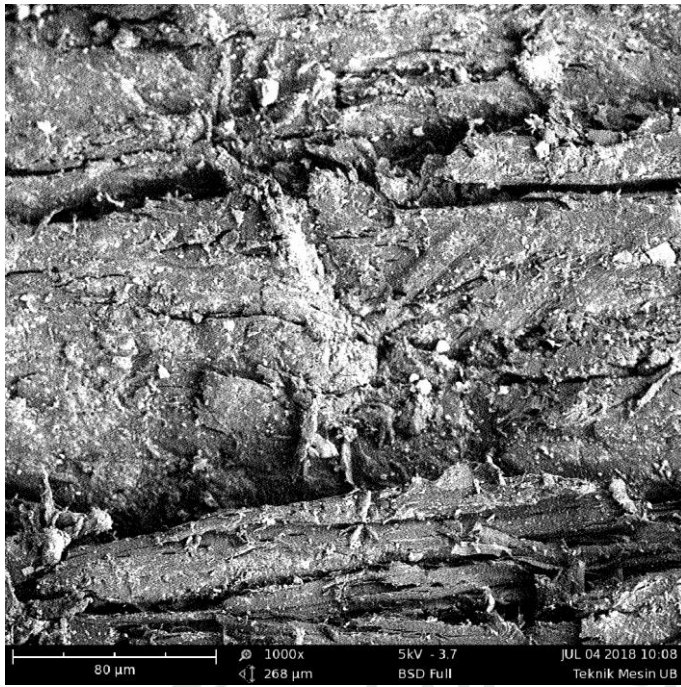
Perbesaran 1000 sudut 45°



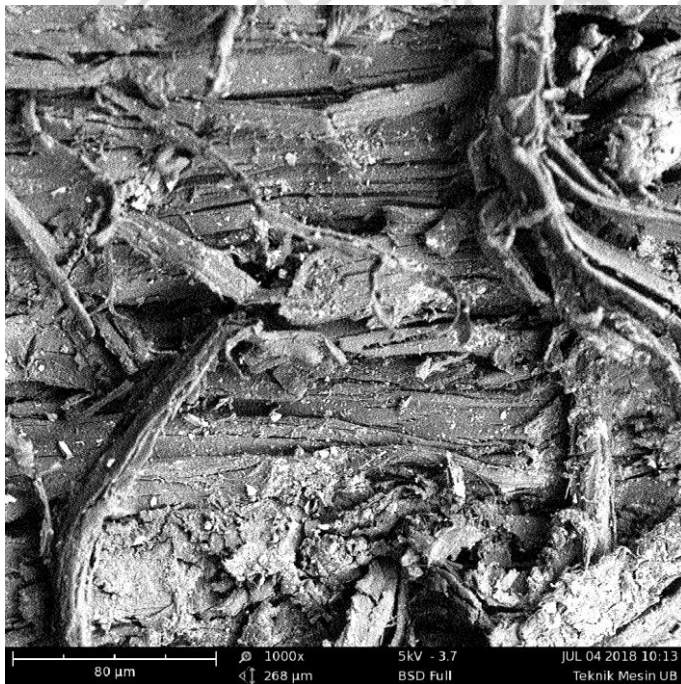
Perbesaran 1000 sudut 60°



Perbesaran 1000 sudut 90°



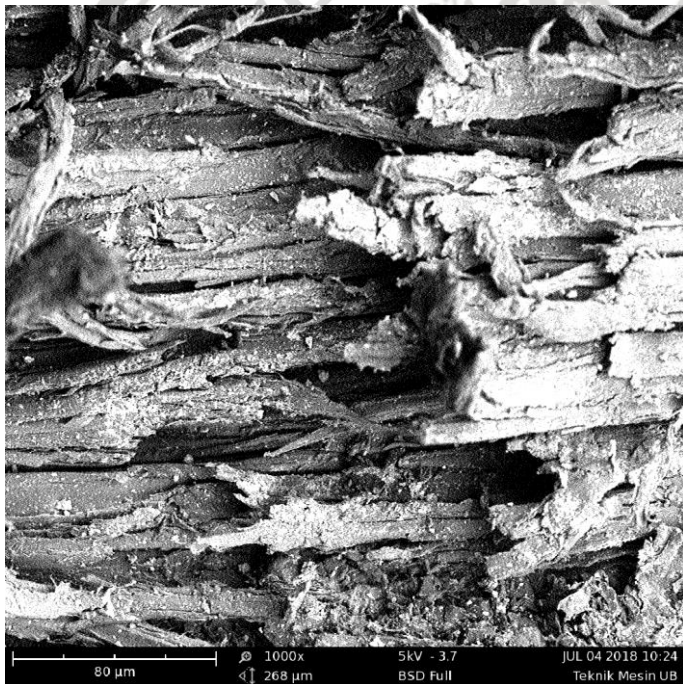
Perbesaran 1000 sudut 30°



Perbesaran 1000 sudut 45°

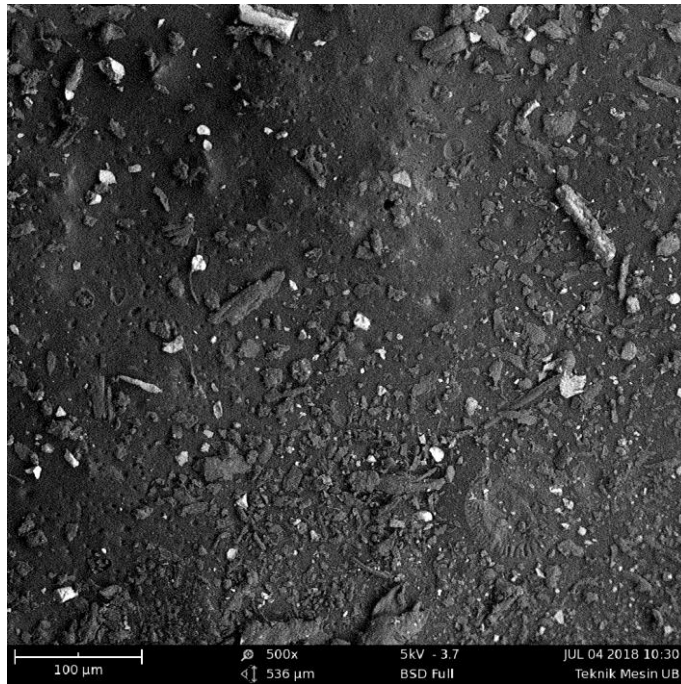


Perbesaran 1000 sudut 60°

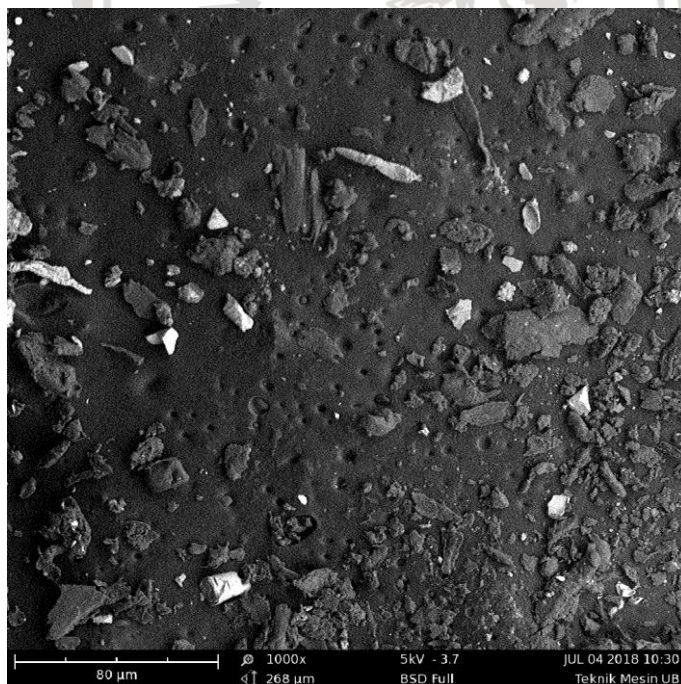


Perbesaran 1000 sudut 90°

2. Hasil foto SEM pasca pengujian geser



Perbesaran 500



Perbesaran 1000

LEMBAR PENGESAHAN
PENGARUH *SANDBLASTING* PADA KAYU MERANTI MERAH
DENGAN LAPISAN KOMPOSIT *FIBERGLASS* TERHADAP
KEKUATAN GESER

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MUHAMAD HENDRA SAPUTRA
NIM. 125060200111037

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 20 Juli 2018

Dosen Pembimbing I

Rudianto Raharjo, ST., MT.
NIP. 198020225 201212 1 002

Dosen Pembimbing II

Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D.
NIP. 201441 841123 1 001



Mengetahui
Ketua Program Studi

Mega Nur Sasongko, ST., MT., Dr.Eng
NIP. 19740930 200012 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 20 Juli 2018

Mahasiswa



Muhamad Hendra Saputra
NIM. 125060200111037

RINGKASAN

Muhamad Hendra Saputra, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2018, Pengaruh *Sandblasting* Pada Kayu Meranti Merah Dengan Lapisan Komposit *Fiberglass* Terhadap Kekuatan Geser, Dosen Pembimbing: Rudianto Raharjo dan Teguh Dwi Widodo.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi sudut *sandblasting* pada permukaan kayu meranti merah yang akan dilapisi dengan material komposit sebagai pengganti lapisan pelindung cat epoksi terhadap besar kekuatan geser. Dengan menggunakan metode prapelapisan komposit menggunakan *sandblasting* pada permukaan kayu meranti merah, sehingga terbentuk suatu profil permukaan yang akan membentuk ikatan mekanik terhadap material komposit. Pasca proses *sandblasting* pada kayu meranti merah, kemudian menggunakan metode pelapisan material komposit secara *hand lay up* pada bagian permukaan yang terkena *sandblasting*. Sebelum melakukan proses pelapisan, untuk mendapatkan nilai komposisi fraksi volume serat sebesar 40%, dilakukan perhitungan secara manual untuk menghitung proporsi yang sesuai pada fraksi volume serat menggunakan rumusan pada *rule of mixture*. Dalam pembuatan spesimen uji geser menggunakan standar ASTM D1037 dengan beberapa variabel. Dimana variabel yang ditentukan yaitu menggunakan 6 spesimen uji untuk tiap variasi sudutnya, tekanan yang digunakan pada kompresor sebesar 5 bar, jarak penyemprotan pasir silika dari *nozzle* ke permukaan pasir sejauh 20 cm, waktu penyemprotan tiap spesimen selama 1 menit dan ukuran *mesh* pasir silika antara 16-30.

Hasil dari penelitian ini menjelaskan bahwa semakin tinggi sudut *sandblasting* yang digunakan untuk membuat profil permukaan, semakin menurunkan nilai dari kekuatan geser material komposit sebagai pelapis. Dengan menggunakan fraksi volum yang sama, didapatkan nilai kekuatan geser tertinggi terdapat pada variasi sudut 30° sebesar 1.1768 MPa sedangkan nilai terendah kekuatan geser terdapat pada variasi sudut 90° sebesar 0.1255 MPa. Dalam hal ini ada beberapa faktor penyebab bahwa semakin besar sudut yang digunakan, akan menyebabkan permukaan kayu meranti semakin kasar dan menyebabkan profil dari permukaan yang terkena *sandblasting* semakin dalam atau bahan rusak dan dengan fraksi volum yang tetap akan menyebabkan proporsi atau perbandingan matriks dan serat tidak seimbang sesuai perhitungan *rule of mixture* dan menyebabkan kekuatan ikatan (*bonding*) antara komposit dan permukaan kayu kurang baik jika dibandingkan dengan sudut 30° . Selain itu, semakin besar sudut *sandblasting*, dapat menyebabkan adanya penetrasi pasir silika yang menimbulkan celah/lubang yang lebih dalam pada permukaan kayu meranti merah sehingga pada proses *lay up* sebagian matriks masuk melalui pori-pori tersebut. Terjadinya *locking* ikatan mekanik yang lebih kuat antara material komposit dengan permukaan kayu pada sudut 30° dan semakin menurun seiring meningkatnya variasi sudut. Hal ini diperkuat dengan hasil dari foto makro dan SEM pada permukaan kayu meranti merah yang dilakukan sebelum proses pelapisan dengan komposit dan pasca pengujian geser.

Kata Kunci: Fraksi Volume, Kayu Meranti Merah, Komposit, Material Komposit, *Sandblasting*

JUDUL SKRIPSI

Pengaruh *sandblasting* pada kayu meranti merah dengan lapisan komposit *fiberglass* terhadap kekuatan geser.

Nama Mahasiswa : Muhamad Hendra Saputra
NIM : 125060200111037
Program Studi : Teknik Mesin
Minat : Teknik Manufaktur

KOMISI PEMBIMBING

Dosen Pembimbing 1 : Rudianto Raharjo, ST., MT.
Dosen Pembimbing 2 : Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Putu Hadi Setyorini, ST., MT.
Dosen Penguji 2 : Slamet Wahyudi, ST., MT., Dr.
Dosen Penguji 3 : Redi Bintarto, ST., M.Eng.Pract
Tanggal Ujian : 9 Juli 2018
SK Penguji : 1389/UN10.F07/SK/2018

SUMMARY

Muhamad Hendra Saputra, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering Brawijaya University, Juli 2018, Sandblasting Effect on Red Meranti Wood With Fiberglass Composite Layer Against Shear Strength, Supervisor: Rudianto Raharjo and Teguh Dwi Widodo.

This study aims to determine the effect of variation on sandblasting angle on the surface of red meranti wood to be coated with composite material to replace the epoxy paint protective coating on the high shear strength. Using a composite coating method using sandblasting on the surface of red meranti wood, a surface profile is formed which will form a mechanical bond to the composite material. After sandblasting process on red meranti wood, then use coating method of composite material by hand lay up on sandblasting surface. Prior to the coating process, to obtain the value of the fiber volume fraction composition by 40%, it is calculated manually to enumerate the appropriate proportion of the fiber volume fraction using the formula of the rule of mixture. In the manufacture of shear test specimens using standard ASTM D1037 with several variables. Where the specified variable is using 6 test specimens for each angle variation, the pressure used on the compressor is 5 bar, the spraying distance of the silica sand from the nozzle to the sand surface as far as 20 cm, the spraying time of each specimen for 1 minute and the silica sand mesh size between 16 -30.

The results of this study explain that the higher the sandblasting angle used to create the surface profile, further decreasing the value of the shear strength of the composite material as a coating. By using the same fraction of volumes, the highest shear strength value is found in the angle variation of 30° at 1.1768 MPa while the lowest shear strength value is at 90° angle variation of 0.1255 MPa. In this case there are several factors that cause the greater the angle used, will cause the surface of meranti wood more rough and cause the profile of the surface affected by deeper sandblasting or broken material and with a fixed volume fraction will cause the proportion or comparison of matrix and fiber are not balanced according to the calculation of the rule of mixture and cause the bonding strength between the composite and the wood surface is less good when compared with the angle 30°. In addition, the larger the sandblasting angle, can cause the penetration of silica sand which causes a deeper gap on the surface of the red meranti wood so that in the lay up process some of the matrix enters through the pores. The stronger locking of mechanical bonds between the composite material and the wood surface at an angle of 30° and decreases with increasing angle variation. This is reinforced by the results of macro and SEM photographs on the surface of red meranti woods performed prior to the coating process with composite and post-shear testing.

Keywords: Composite, Composite Material, Red Meranti Wood, Sandblasting, Volume Fraction

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan teknologi saat ini, penggunaan kayu dalam aplikasi kebutuhan sehari-hari semakin meningkat. Material kayu yang digunakan sebagai bahan utama pun semakin banyak dicari. Dalam aplikasinya untuk pembuatan kapal, kayu merupakan bahan yang diminati oleh produsen, khususnya kapal kayu. Namun, selama ini kapal kayu hanya berusia pakai sekitar 5-10 tahun saja dengan teknik pelapisan yang saat ini digunakan yaitu cat khusus. Dengan adanya teknologi yang sedang berkembang mengenai material komposit dan *sandblasting*, pelapisan material komposit terhadap kayu bisa menjadi salah satu alternatif yang bisa memberi solusi lain bagi produsen kapal kayu dan mampu meningkatkan ketahanan dan menekan biaya produksi pembuatan kapal kayu.

Callister (2006) menjelaskan bahwa komposit merupakan bahan multifase yang secara artifisial dibuat, sebagai perbandingan dengan salah satu yang berlangsung atau terbentuk secara alami. Dalam aplikasinya secara luas, yang secara umum digunakan yaitu serat gelas yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi, hingga kira – kira sekitar 1000 kali lebih kuat dari baja dan saat ini penggunaan serat gelas merupakan material yang paling sering digunakan dalam industri atau pabrik produksi. Campbell (2010) menjelaskan bahwa material komposit dapat didefinisikan sebagai kombinasi dua material atau lebih yang menghasilkan sifat yang lebih baik daripada komponen bahan komposit jika digunakan sendiri-sendiri. Keuntungan utama dalam penggunaan material komposit adalah kekuatan serta kekakuan yang tinggi, densitas rendah pada kombinasi bahan penyusunnya, jika dibandingkan dengan bahan-bahan dalam jumlah besar, bagian akhir beratnya mampu direduksi.

Trathewey *et al.* (1991) menjelaskan bahwa *sandblasting* merupakan suatu proses penyemprotan material menggunakan bahan abrasif, yaitu *steel grit* atau pasir silika bertekanan tinggi pada suatu permukaan yang bertujuan menghilangkan material yang menempel seperti karat, cat, garam dan oli. Hal yang menentukan hasil *sandblasting* sendiri antara lain adalah tekanan udara penyemprotan, keahlian operator, waktu penyemprotan, ukuran pasir yang digunakan dan jarak penyemprotan (Metabrasive, 2009).

Dumanauw (2015) menjelaskan bahwa kayu merupakan cabang atau bagian dari batang serta ranting tumbuhan yang mengeras karena mengalami proses lignifikasi (pengayuan). Kayu ialah bahan yang diperoleh dari hasil pemungutan pohon-pohon di hutan, yang merupakan bagian dari pohon tersebut, setelah diperhitungkan bagian-bagian mana yang lebih banyak dimanfaatkan untuk sesuatu tujuan penggunaan. Penggunaan kayu dalam material komposit termoplastik memiliki beberapa keuntungan antara lain sumber daya yang berbasis bio yang non abrasif, biaya yang rendah, tersedia secara luas, berkelanjutan, tingkat pengisian tinggi memungkinkan, sifat spesifik yang tinggi, kepadatan yang rendah tiap bahan bakunya dan mampu didaur ulang (Caulfield *et al.* 2015). Kayu Meranti adalah tumbuhan yang dapat menghasilkan getah atau damar, juga dapat diambil kayunya untuk bahan bangunan, keberadaannya ditemukan di daerah hutan tropis, di dataran rendah dan tinggi, di daerah pegunungan, di tanah yang subur dan gersang (Sugiyanto *et al.*, 2011). Meranti merah (*Shorea Coriacea Burck*) merupakan salah satu yang terdapat di hutan Hamurau. Jenis ini pada umumnya banyak ditemukan di Sumatera, Kalimantan dan Maluku. Jenis *Shorea Coriacea Burck* ini tinggi pohonnya dapat mencapai 50 m panjang batang bebas cabang mencapai 30 m, diameter umumnya sekitar 100 cm, bentuk batang lurus dan silindris dengan banir dapat mencapai 3,5 m, dan lebar 2,5 m, memiliki ketebalan kulit 20 cm, kulit luar berwarna merah tua atau coklat kemerahan, tebal dapat mencapai kurang lebih 5 mm (Martawidjaya *et al.* 1989).

Pada penelitian ini, akan dilakukan proses *sandblasting* dengan menggunakan material abrasif jenis pasir silika dengan variasi sudut. Kemudian dilapisi dengan material komposit resin epoksi dengan *fiberglass* lalu diuji dengan menggunakan pengujian mengacu pada standar ASTM material komposit untuk mengetahui nilai kekuatan geser. Kemudian, melakukan proses SEM untuk mengetahui bentuk patahannya yang diharapkan mampu untuk meningkatkan sifat mekanis dan juga sebagai pelapis pengganti dari cat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut: “Bagaimana pengaruh dari variasi sudut penyemprotan menggunakan metode *sandblasting* terhadap permukaan kayu meranti merah dengan pelapisan material komposit resin epoksi dan fiberglass terhadap kekuatan geser.”

1.3 Batasan Masalah

Supaya permasalahan tidak meluas, maka dalam penulisan ini perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

1. Benda Kerja yang digunakan dalam proses *sandblasting* adalah Kayu Meranti Merah disesuaikan dengan dimensi standar pengujian
2. Benda kerja yang digunakan dalam pengujian kekuatan geser adalah kayu meranti merah dengan lapisan komposit resin epoksi dan fiberglass disesuaikan dengan dimensi dan standar pengujian ASTM
3. Proses *sandblasting* menggunakan bahan abrasif jenis pasir silica ukuran *range mesh* 16-30.
4. Tekanan pada kompresor sebesar 5 bar.
5. Jarak penyemprotan *sandblasting* 20 cm.
6. Sudut penhemprotan 30°, 45°, 60° dan 90° terhadap kayu meranti merah
7. Jenis resin yang digunakan resin epoksi.
8. Fiberglass yang digunakan adalah fiberglass serat acak jenis *E-glass*.
9. Menggunakan foto makro untuk mengetahui struktur permukaan kayu.
10. Pengujian yang dilakukan adalah geser setelah proses *sandblasting* permukaan kayu meranti merah dan telah dilapisi material komposit resin epoksi dan fiberglass.
11. Menggunakan SEM untuk mengetahui hasil patahan yang dihasilkan pasca pengujian geser.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai kekuatan geser material kayu meranti merah setelah proses *sandblasting* dengan lapisan komposit resin epoksi dan fiberglass sehingga penelitian ini dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan solusi untuk pengembangan *treatment* kayu sebagai material pengganti pembuatan beberapa bagian pada kapal kayu khususnya kayu meranti merah
2. Untuk menambah pengetahuan bagi mahasiswa khususnya Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya tentang *treatment* kayu meranti
3. Mengetahui besar nilai kekuatan geser pada kayu meranti merah setelah proses *sandblasting* yang dilapisi dengan material komposit resin dan fiberglass.

4. Hasil dari penelitian ini selanjutnya bisa direkomendasikan sebagai referensi baru dalam proses *treatment* kayu dengan proses *sandblasting* di dunia pendidikan maupun industri.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Sakhno and Pustovit (2016) dalam penelitiannya mengenalkan kepada pembaca mengenai metode baru perlakuan dari kayu dan bahan berbasis kayu lainnya untuk perlindungan terhadap kerusakan, mengatasi dan meminimalisir kerugian terhadap sejumlah masalah yang terdapat pada kayu. Dalam penelitiannya menjelaskan mengenai tiga tipe utama sebagai lapisan pelindung pada kayu. Ketiga tipe ini sudah termasuk pelapisan berdasarkan polimer larut air karboksil (*carboxyl-containing water-soluble polymers*) yang mudah disilangkan dari garam anorganik atau senyawa yang mengandung $-OH$, lapisan sensitif pH, struktur polimer lapisan banyak.

A. Dimitriou, M. D. Hale and M. J. Spear (2015) meneliti mengenai pengaruh 4 metode aktivasi praperlakuan permukaan untuk meningkatkan sifat adhesi untuk proses pengikatan menggunakan adhesi epoksi dalam pelapisan WPC. Perlakuan ini diaplikasikan untuk pengukuran bahan WPC yang terbuat dari 60% bubuk kayu dengan matriks polipropilena dan kekuatan geser bertipe lap joint. Dari hasil eksperimental, dihasilkan nilai kekuatan geser dari semua perlakuan kecuali pemanasan halogen meningkatkan kekuatan ikatan dan hasil terbaik dicapai menggunakan perlakuan hidrogen peroksida pada pH 7,5 (37% peningkatan), perlakuan *two pass hot air* pada kecepatan 75 mm s^{-1} (44% peningkatan), dan perlakuan *gas flame* dengan kecepatan 175 mm s^{-1} (41% peningkatan).

Khaerudin (1994) menjelaskan bahwa meranti merah memiliki fungsi untuk kayu lapis dan venir, selain itu juga dipakai untuk pembangunan perumahan sebagai balok, rangka, pintu dan jendela, galar, kaso, lantai, dinding dan perahu atau peralatan pembuatan jembatan. Berdasarkan tingkat awetnya, kayu meranti dapat digolongkan dalam kelas awet II-V. Menurut Sugiyanti, Hardiansyah dan Sri Aminarti (Desember 2011) menjelaskan bahwa kayu meranti merah memiliki tingkat kerapatan sebesar 187,5/ha.

Mochamad Arif Irfa'I, 2017 dalam penelitiannya menunjukkan kekuatan geser komposit akan meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume serat. Peningkatan kekuatan geser terbesar pada fraksi volume serat (V_f) 45% sebesar 9466,45 MPa, sedangkan kekuatan geser terendah pada fraksi volume serat (V_f) 60% sebesar 7118,67 MPa. Dari hasil identifikasi penampang patahannya menunjukkan pola kegagalan secara

umum didominasi oleh lepasnya ikatan antara serat dengan matriks (*delamination*) yang disusul dengan putus atau patahnya serat.

Rusnoto (2014) menelaah tentang ketangguhan retak pada komposit epoksi-alumina, dengan jenis epoksi DGEBA D.E.R. 331 dari DOW Chemical England. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh fraksi berat alumina sebagai penguat dan epoxy sebagai matrik terhadap ketangguhan retak. Bahan matrik yang digunakan resin epoxy jenis *diglycidyl ether of bisphenol-A* (DGEBA) D.E.R. 331 dari DOW Chemical England dan bahan penguat alumina dari Merck K Ga A Darmstadt Germany dengan fraksi berat 0%, 10%, 20% dan 30%. *Hardener* yang digunakan adalah 2,4,6-Tris(dimethylaminomethyl) phenol DMP-30 dari Sigma Aldrich England. Pada bagian matrik perbandingan berat antara epoxy dan *hardener* ditentukan tetap sebesar 98:2. Setiap campuran diaduk dengan *mechanical stirrer* pada putaran 800 rpm, suhu 80°C selama 1 jam. Dalam keadaan tetap berputar, *hardener* ditambahkan ke dalam campuran epoksi-alumina selama 1 menit. Hasil campurannya dimasukkan dalam bejana vakum selama 1 menit untuk menghilangkan gelembung udara. Kemudian hasil campuran dituangkan dalam cetakan aluminium, kemudian hasil tuangan di *curing* dalam oven dengan suhu 80°C selama 1 jam, kemudian spesimen dilepas dari cetakan lalu diproses dengan *postcuring* dengan suhu 120°C selama 2 jam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak terjadi kenaikan terhadap ketangguhan retak terjadi pada penambahan fraksi berat alumina sebesar 20% yaitu sebesar 2,001 MPa.

Pell (2012) melakukan penelitian tentang fraksi volum serat widuri (*calotropis gigantea fiber*) terhadap kekuatan mekanik berpenguat resin *epoxy*. Dengan tujuan mengetahui karakteristik mekanik dari serat widuri tanpa perlakuan kimia dengan matriks resin epoksi dengan variasi fraksi volume, yaitu 15 %, 30 % dan 45 %. Karakteristik mekanik yang sudah diteliti adalah kekuatan tarik, regangan dan modulus elastisitas, kekuatan bending dan ketangguhan impak. Dengan pendekatan analisis *variance* dan standar deviasi, diperoleh hasil sebagai berikut: kekuatan tarik, regangan tarik dan modulus elastis tertinggi diperoleh pada fraksi volume 45% sebesar $93,04 \pm 10,51$ MPa, $3,82 \pm 0,38$ %, dan $3,64 \pm 0,97$ GPa. Demikian juga kekuatan bending dan impak diperoleh nilai tertinggi pada fraksi volume 45%, yaitu: $88,23 \pm 5,66$ MPa dan $38,36$ kJ/m². Selanjutnya dilakukan analisis kualitatif melalui foto SEM dan foto makro. Berdasarkan kedua cara analisis ini, menunjukkan bahwa dengan meningkatnya fraksi volume, maka nilai-nilai yang menunjukkan karakterisasi mekanik green composite widuri – epoksi, semakin meningkat.

2.2 Komposit

Komposit merupakan suatu hasil rekayasa jenis bahan baru dari kombinasi dua atau lebih bahan yang memiliki sifat bahan masing-masing berbeda antara satu dengan yang lain baik sifat fisika atau kimianya dan tetap terpisah pada hasil akhir pencampuran bahan tersebut. Sementara bahan komposit merupakan kombinasi antara dua atau lebih bahan yang memiliki sejumlah sifat yang tidak dimiliki oleh masing-masing komponen penyusunnya. Dalam hal ini bisa diartikan bahwa kombinasi bahan tersebut tidak hanya terbatas pada bahan polimernya, namun bisa mencakup bahan logam, keramik atau kayu. Oleh karena karakteristik penyusunnya berbeda-beda, maka menghasilkan material baru yang memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material-material pembentuknya. Dalam pembuatan material komposit, dua bahan ini harus terikat dengan sangat kuat, sehingga perlu penambahan suatu *wetting agent*. Ada beberapa istilah dalam komposit, antara lain:

1. Tingkat dasar
Molekul tunggal atau kisi kristal, jika material tersusun dari dua atom atau lebih (disebut polimer, paduan, senyawa atau keramik).
2. Mikrostruktur
Material yang tersusun oleh dua fase atau suatu senyawa atau lebih. Contohnya paduan C dan Fe)
3. Makrostruktur
Material yang tersusun dari dua campuran atau lebih penyusun mikro yang berbeda dalam komposisi dan/atau bentuk dan tidak saling melarutkan antara bahan yang satu dengan bahan yang lainnya (disebut material komposit).

Dalam aplikasinya, pembuatan material komposit ini bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik dan/atau sifat spesifik dari suatu material, mempermudah desain pada manufaktur, keleluasaan dalam pembuatan bentuk/desain sehingga dapat menghemat biaya, mampu mengurangi berat material atau bahan menjadi lebih ringan.

2.2.1 Material Komposit

Dalam pembuatan material komposit, terdiri dari 2 bahan pembentuk utama yaitu matriks dan fiber.

1. Fiber
Fiber merupakan bahan berbentuk serat yang bersifat kaku, kuat, getas yang utamanya berperan untuk menahan suatu gaya dari luar, selain itu untuk memberi kekuatan dan

kekakuan pada material komposit. Ada 2 hal yang membuat suatu serat mampu untuk menahan suatu gaya dari luar antara lain :

- a. Perekatan atau *bonding* pada serat dan matriks (*intervarsial bonding*) yang baik dan kuat sehingga tidak akan mudah terlepas dari matriks (*debonding*).
- b. Kelangsingan atau aspek rasio (*aspect ratio*) yaitu perbandingan antara panjang dan diameter dari serat cukup besar

2. Matriks

Matriks merupakan suatu fase yang memiliki bagian atau fraksi volume terbesar dari suatu komposit. Matriks sendiri mampu memberikan ketahanan terhadap tegangan geser, temperatur tinggi dan mampu untuk mendistribusikan beban pada suatu material. Matriks memberikan pengaruh yang lebih besar dalam mengikat material penyusun selain untuk perlindungan terhadap lingkungan dan pendistribusian beban.

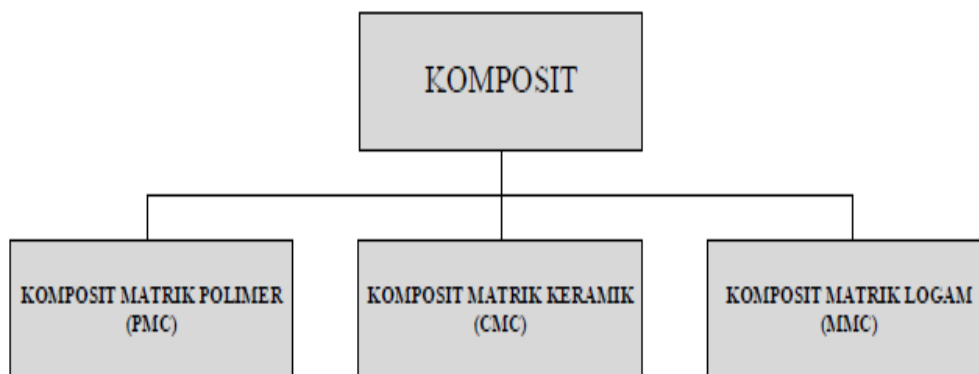
Selain fungsi di atas, ada beberapa fungsi dari matriks, yaitu:

- a. Mentransfer tegangan ke serat
- b. Membentuk ikatan koheren di permukaan matriks/serat
- c. Melindungi serat
- d. Memisahkan serat
- e. Melepas ikatan
- f. Tetap stabil setelah dilakukan proses manufaktur

Dalam pembuatan material komposit, ada beberapa sifat maupun karakteristik yang ditentukan oleh material penyusun komposit, bentuk dan penyusunan struktural dari penyusun dan interaksi antar penyusun material komposit. Arah serat penguat juga menentukan kekuatan komposit dan mempengaruhi jumlah serat yang dapat diisikan ke dalam matriks. Semakin cermat penataannya, semakin banyak penguat yang dapat dimasukkan yang mempengaruhi optimalisasi dari kekuatan komposit (Tata Surdia, 1999).

2.2.2 Klasifikasi Komposit

Secara umum komposit dapat dibagi menjadi 3 kelompok utama berdasarkan matrik, seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Klasifikasi Komposit secara umum

Sumber: Nurun Nayiroh, Teknologi Material Komposit (2014)

1. Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composite* - PMC)

Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. Matriks polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polimer termoplastik adalah polimer yang apabila didinginkan akan menjadi keras dan akan meleleh pada suhu tertentu serta mempunyai sifat reversibel (dapat kembali sifat awalnya), Sedangkan polimer termoset adalah polimer yang memiliki sifat irreversibel (tidak dapat mengikuti perubahan suhu), apabila polimer tersebut telah dikeraskan maka polimer tidak dapat dilunakkan kembali. Dapat disimpulkan bahwa polimer termoplastik dapat didaur ulang sedangkan polimer termoset tidak dapat didaur ulang. Aplikasi PMC antara lain sebagai berikut.

a. Matrik berbasis poliester dengan serat gelas

- 1) Lemari perkantoran
- 2) Peralatan elektronik
- 3) Alat-alat rumah tangga
- 4) Panel pintu kendaraan

b. Matrik berbasis termoset dengan serat carbon

- 1) Rantai pesawat terbang
- 2) Komponen ruang angkasa
- 3) Rotor helikopter

c. Matrik berbasis termoplastik dengan serat gelas

- 1) Kotak air radiator

2. Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composites* – MMC)

Komposit matriks logam merupakan jenis komposit yang memiliki matrik berbahan logam dan mulai dikembangkan sejak tahun 1996. MMC pada mulanya berupa *Continuous Filament* MMC yang digunakan pada bidang aplikasi luar angkasa (*aerospace*). Kelebihan MMC dibandingkan dengan PMC, yaitu:

- a. Ketahanan terhadap temperatur tinggi
- b. Transfer tegangan dan regangan yang baik
- c. Kekuatan tekan dan geser yang baik
- d. Ketahanan aus dan muai termal yang lebih baik
- e. Tidak mudah terbakar
- f. Tidak menyerap kelembapan.

Kekurangan dari MMC, yaitu:

- a. Standarisasi material dan proses yang sedikit
- b. Biayanya mahal

3. Komposit Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composites* – CMC)

CMC atau komposit matriks keramik merupakan material yang terdiri dari 2 fasa dimana 1 fasa berfungsi sebagai penguat (*reinforcement*) dan 1 fasa yang lain sebagai matriks yang terbuat dari bahan keramik. Pada umumnya, *reinforcement* yang digunakan pada CMC adalah karbida, oksida, dan nitrit. Salah satu proses pembuatan CMC yaitu proses DIMOX, yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah *filler* (penguat). Matrik yang sering digunakan pada CMC adalah:

- a. Keramik gelas
- b. Gelas anorganik
- c. Silikon Nitrida
- d. Alumina

Keuntungan penggunaan dari CMC:

- a. Sangat tangguh, bahkan hampir sama dengan ketangguhan dari *cast iron*
- b. Dimensinya stabil bahkan lebih stabil daripada logam
- c. Kekuatan & ketangguhan tinggi, dan ketahanan korosi tinggi
- d. Mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus
- e. Unsur kimianya stabil pada temperatur tinggi
- f. Tahan pada temperatur tinggi (*creep*)

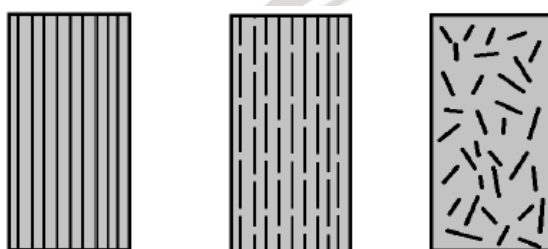
Kerugian dari penggunaan CMC:

- a. Hanya untuk aplikasi tertentu
- b. Sulit untuk diproduksi dalam jumlah besar
- c. Relatif mahal dan *non-cost effective*

Sedangkan klasifikasi dari komposit sendiri dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

1. Material Serat Komposit (*Fibrous composites materials*)

Material komposit serat merupakan komposit yang terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matrik dan serat. Komposit serat berorientasi adalah komposit yang seratnya berfungsi sebagai penguat yang penyusunannya rapi dan terarah. Skema penyusunan serat pada komposit serat dapat dibagi menjadi tiga.



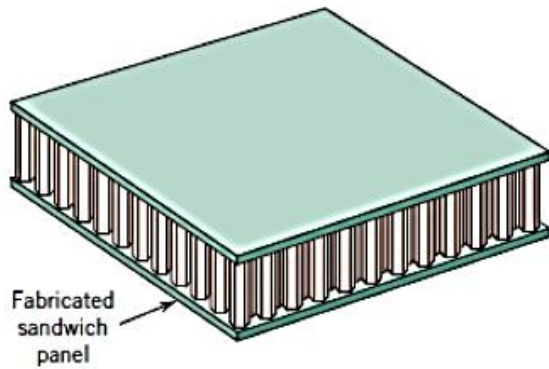
Gambar 2.2 Skema Penyusunan Serat. (a) serat berturut, (b) serat terputus, (c) serat acak terputus

Sumber: Callister, W. D., *Material Science and Engineering*, 7nd edition (2007)

2. Material Komposit Berlapis

Material komposit berlapis merupakan suatu jenis komposit yang terdiri dari dua atau lebih lapisan material yang berbeda dan digabung secara bersama-sama. *Laminated composite* dibentuk dari berbagai lapisan-lapisan dengan berbagai macam arah penyusunan serat yang ditentukan atau disebut lamina. Yang termasuk komposit berlapis yaitu:

- a. *Bimetals*
- b. *Cladmetlas*
- c. *Laminated Glass*
- d. *Plastic-Based Laminates*



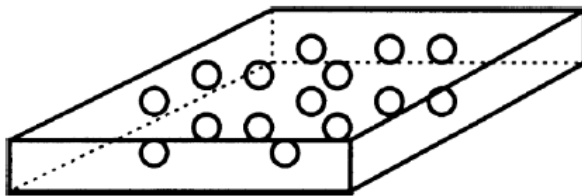
Gambar 2.3 Komposit laminasi (*laminated composite*)

Sumber: Callister, W. D., *Material Science and Engineering*, 7nd edition (2007)

3. Material Komposit Partikel

Terdiri dari satu atau lebih partikel yang tersuspensi di dalam matrik dari matrik lainnya. Partikel logam dan non-logam dapat digunakan sebagai matrik. Empat kombinasi yang digunakan sebagai matrik komposit partikel:

- Material komposit partikel non-logam di dalam matrik non-logam
- Material komposit partikel logam di dalam matrik non-logam
- Material komposit partikel non-logam di dalam matrik logam
- Material komposit partikel logam di dalam matrik logam



Gambar 2.4 Komposit Partikel

Sumber: Autar K. Kaw, *Mechanics of Composites Material* (2006)

2.3 Kayu

Kayu merupakan bagian batang atau cabang serta ranting tumbuhan yang mengeras karena mengalami lignifikasi (pengayuan). Kayu ialah bahan yang diperoleh dari hasil pemungutan pohon-pohon di hutan, yang merupakan bagian dari pohon tersebut, setelah diperhitungkan bagian-bagian mana yang lebih banyak dimanfaatkan untuk sesuatu tujuan penggunaan (Dumanauw.J.F). Kayu memiliki struktur berpori yang terdiri dari berbagai dinding sel, yang terutama terdiri dari biopolimer, yaitu polimer karbohidrat selulosa dan hemiselulosa dan polimer fenolik lignin. Namun, komponen kayu mudah didegradasi oleh mikroorganisme, dan rentan terhadap kerusakan oleh api (Fuller et al., 1997). Selain itu, sebagai kelompok fungsional yang paling melimpah di kayu dinding sel adalah gugus hidroksil, karakter higroskopis dari kelompok-kelompok ini dapat membuat kayu dengan

stabilitas dimensi yang buruk. Dengan kata lain, kayu akan menyusut karena mengering, sementara sebaliknya membengkak bila dibasahi (Alfered, 1977).

Kayu spesifik memiliki beberapa keunggulan atau beberapa atribut yang mampu meningkatkan nilai suatu bahan seperti sifat mekanik, stabilitas dimensi, tahan pembusukan, dan ketahanan termal. (Wang et al. 2007; Zhang et al. 2006). Karena sesuatu yang tidak menguntungkan di atas, dengan memblokir sisi-sisi reaktif atau memasukkan rongga tidak hanya bisa membuat kayu lebih tahan terhadap kelembaban, tetapi juga meningkatkan stabilitas dimensi dan fisik serta sifat biodegradasi. Akibatnya, perlakuan kayu dalam modifikasi strukturnya dengan demikian mampu meningkatkan sifat fisik dan mekanik, serta daya tahan, telah dilakukan keluar melalui modifikasi kimia, peresapan kimia, kompresi selama pemanasan, dan pemanasan pada suhu tinggi (Handa et al. 1976).

2.3.1 Komponen dan Struktur Kayu

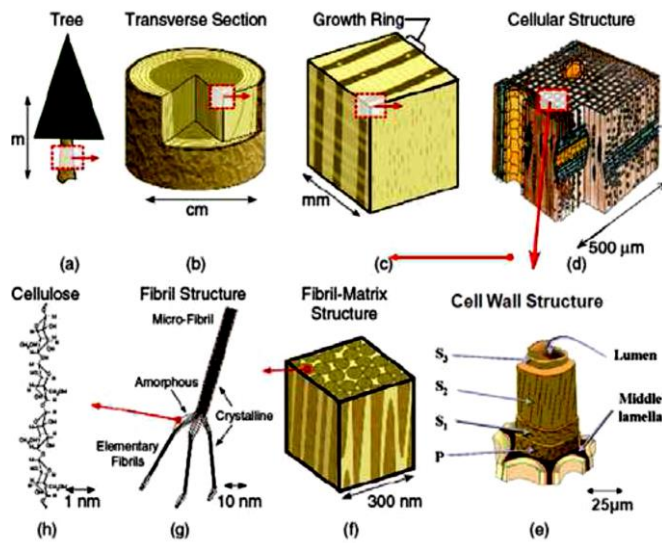
Dalam perkembangan teknologi yang sekarang, kayu semakin meningkat dalam penggunaannya, Alasan untuk keragaman mengapa bidang di mana kayu digunakan terlalu banyak berhubungan dengan struktur anatomi, fisik dan sifat mekanik dan komposisi kimianya. Sifat yang membuat kayu penting di antara baku lainnya sumber material yang terjadi secara luas, stabilitas, kekerasan, ringan, elastisitas dan menjadi sumber terbarukan (Şolpan & Güven, 1999a).

2.3.1.1 Komponen Dalam Kayu

1. Selulosa

Selulosa merupakan polimer dari unit D-glukopiranosa (Gambar 2.6h). Unit-unit monomer (unit anhidroglukosa, AGU) secara bergantian terbalik pada bidang cincin. AGU dihubungkan oleh β (1 \rightarrow 4) obligasi glukosida membentuk polimer selulosa linear. Selulosa dinyatakan dari mawar enzim sebagai fibril diameter 3-5 nm yang agregat menjadi lebih besar mikrofibril hingga 20 nm diameter (Gambar 2.6g dan 2.6f). fibril ini merakit diri sendiri dengan cara yang mirip dengan kristal cair yang mengarah ke nano dimensional dan struktur yang lebih besar terlihat pada tipe tanaman berdinding sel (de Rodriguez et al. 2006). Modulus teoritis molekul selulosa adalah sekitar 250 GPa, tetapi pengukuran untuk kekakuan selulosa dalam dinding sel sekitar 130 GPa. Ini berarti bahwa selulosa merupakan bahan kinerja tinggi dibandingkan dengan serat terbaik teknologi dapat menghasilkan (Vincent, 2002). Karena kristainitasnya, selulosa relatif tidak reaktif dan sifat termalnya stabil. Selulosa

sulit untuk diisolasi dari kayu yang berbentuk murni karena berkaitan erat dengan lignin dan hemiselulosa.



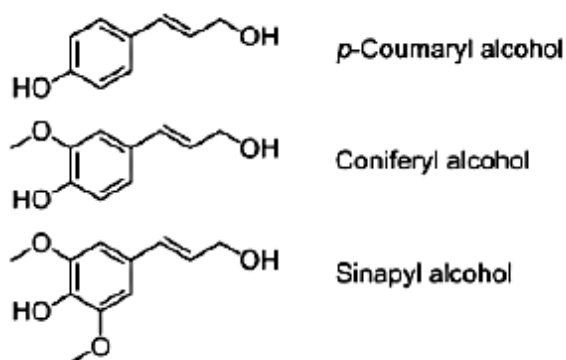
Gambar 2.5 Struktur Hierarki Kayu : Dari Pohon sampai selulosa
Sumber: *Advances in Composites Materials* Hlm 234 (2008)

2. Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan heteropolisakarida dengan DP lebih rendah daripada selulosa, sekitar 100-300. Jumlah mereka juga lebih sedikit dibanding selulosa, meskipun beberapa dapat membentuk unit kristal. Hemiselulosa juga disebut dengan gula yang dikandung oleh selulosa. Hemiselulosa kemungkinan juga mengandung karboksil, asetil dan kelompok metil tersubstitusi. Struktur rinci dari hemiselulosa belum dikemukakan, hanya rasio gula yang mengandung polisakarida yang dapat ditentukan. Hemiselulosa muncul sebagai agen pengikat antarmuka antara permukaan yang sangat polar dari mikrofibril dan jauh lebih sedikit dibandingkan matriks polar lignin.

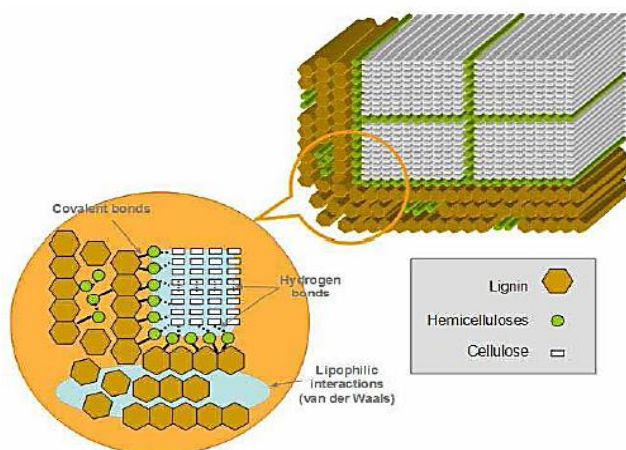
3. Lignin

Lignin merupakan amorf polimer fenolik dengan berat molekul menengah. Lignin berfungsi mengkaku dinding sel dan juga memberi lapisan pembatas untuk sel sel individual yang bersama terletak di tengah-tengah bagian lamella yang sama. Prekursor dari lignin biosintesis yaitu alkohol p-coumaryl, alkohol coniferyl dan alkohol sinapyl (Gambar 2.7).



Gambar 2.6 Struktur Monolignol

Sumber: *Advances in Composites Materials* Hlm 235 (2008)



Gambar 2.7 Skema penampakan dari kompleks lginin-karbohidrat atau *lignin- carbohydrate complex* (LCC) dan interaksinya dengan mikrofibril selulosa (*selulose microfbril*)

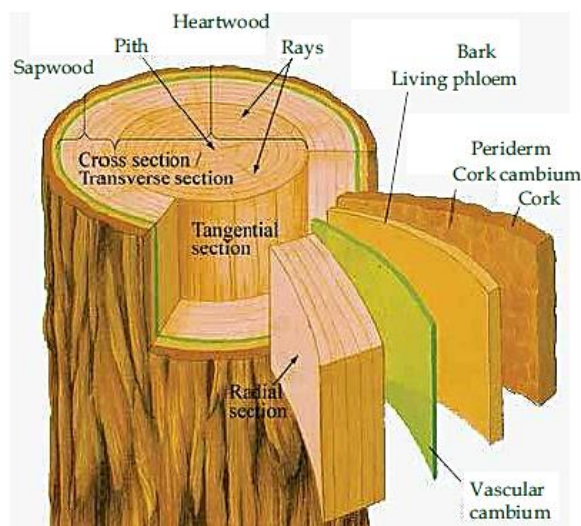
Sumber: *Advances in Composites Materials* Hlm 235 (2008)

Kandungan lignin dari kayu keras biasanya berkisar antara 18-25%, sedangkan pada kayu lunak bervariasi antara 25 % dan 35 %. Lignin dari kayu lunak terutama produk produk polimerisasi alkohol conyiferyl disebut lignin guaiacyl. Lignin kayu keras utamanya berisi alkohol syringyl-guaiacyl, karena merupakan kopolimer dari alkohol coniferyl dan sinapyl. Lignin merupakan gabungan dari ikatan kovalen (ester dan eter) dengan hemiselulosa yang membentuk kompleks lignin-karbohidrat. Lignin tidak berkaitan dengan selulosa namun ikatan hidrogen merupakan proses dalam hemiselulosa (Gambar 2.8) (Peydecastaing, 2008).

2.3.1.2 Struktur dalam Kayu

1. Makrostruktur Kayu

Bagian tiga dimensi dari batang pohon (Gambar 2.9) menunjukkan definisi dengan baik subdivisi konsentris. Dari luar ke pusat: periderm, kulit kayu, kambium vaskular, getah kayu, jantung kayu dan empulurnya. Dalam batang pohon, semua jaringan di dalam lapisan kambium ke pusat pohon adalah xilem atau kayu. Kayu dari batang pohon merupakan jaringan xilem yang sebagian besar mati. Yang lebih gelap, disebut jantung kayu, sementara yang lebih terang, wilyah yang lebih muda dari kayu dan lebih dekat dengan kambium disebut getah kayu (*sap wood*). Pada kayu, yang membedakan anatominya yaitu gimnospermae (kayu lunak) dan angiospermae kayu keras (Peydecastaing, 2008).

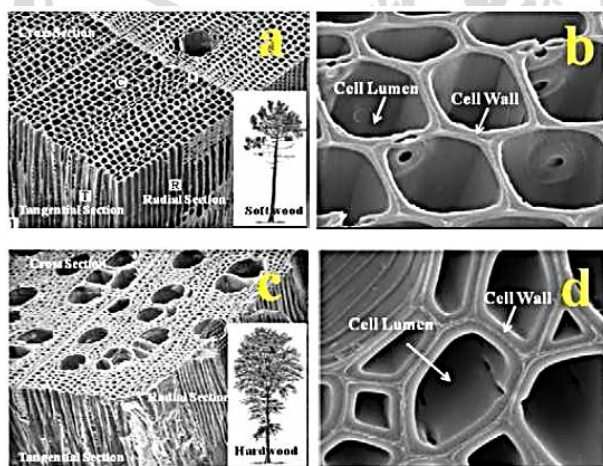


Gambar 2.8 Bagian – bagian batang pohon dalam bentuk tiga dimensi
Sumber: *Advances in Composites Materials* Hlm 231 (2008)

2. Mikrostruktur Kayu

Kayu terdiri dari jutaan unit individu yang disebut sel, yang berbeda dalam bentuk dan ukuran, tergantung pada fungsi fisiologis pohon (Young & Rowell, 1986). Sel-sel yang membentuk xilem pada pohon jarum memiliki struktur sederhana daripada pohon berjenis dikotil. Konifer unsur utamanya berupa sel-sel yang tubular, memanjang, menunjuk dan ditutup pada ujungnya, yang disebut trakeid (Hon, 1996). Jenis dikotil, disisi lain, memiliki komposisi sel yang lebih bervariasi bentuk dan ukurannya. Kebanyakan sel dikotil panjang dan sempit, dengan ujung runcing dan tertutup (serat). Trakeid di konifer dan serat pada tanaman dikotil merupakan bagian terbesar dari dinding sel dan memiliki keuntungan paling banyak dalam sifat fisik dan kimia kayu (Hon, 1996). Konstituen lain yang penting adalah parenkim, relatif berjumlah kecil.

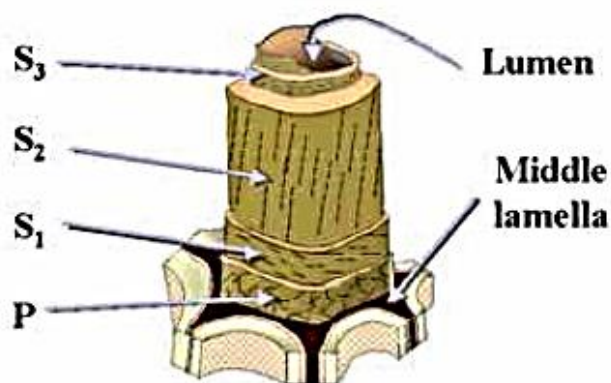
Dengan pembuluh yang pemotongannya transversal disebut pori-pori (Placket & Dunningham, 1992). Sel-sel ini memiliki ujung terbuka dan biasanya lebih pendek dari serat, lebih bervariasi dalam bentuk dan ukurannya. Sel-sel kayu saling terhubung satu sama lain melalui zat semen disebut lapisan antar atau lamella menengah. Sebuah sel matang terdiri dari dua lapisan: dinding primer (P) - lapisan luar yang tipis, dan dinding sekunder (S) - lapisan internal yang lebih tebal yang terdiri dari tiga lapisan lainnya. Interior sel berisi lumen selular yang, sel-sel paling banyak matang, benar-benar kosong (Young & Rowell, 1986). Kayu merupakan bahan yang sangat berpori, sekitar 70% dari volume terdiri dari sel-sel yang berisi udara. Sisanya 30% adalah substansi kayu, atau dinding sel (konstituen kayu) (Gambar. 2b dan 2d). Meskipun kayu dianggap sebagai bahan yang sangat berpori, tidak selalu sangat permeabel dan menunjukkan variabilitas yang besar dalam permeabilitas baik di dalam dan di antara spesies. Proses penting yang berpengaruh besar dari permeabilitas kayu adalah *seasoning*, pengawetan kayu, modifikasi kimia kayu dan perlakuan ketahanan api seperti bubur kayu. Efisiensi dari perlakuan ini, yang nantinya akan mengubah kaitan dengan biaya, sebagian besar dikendalikan oleh struktur anatomi dari kayu.



Gambar 2.9 Morfologi SEM dari struktur pori-pori kayu, a) mikrografi tiga dimensi kayu lunak, b) mikrografi hubungan penampang menyilang pada kayu lunak; c) Mikrografi tiga dimensi pada kayu keras, d) mikrografi penampang menyilang pada kayu keras
Sumber: *Advances in Composites Materials* Hlm 232 (2008)

Secara detail, seperti ditunjukkan pada gambar 2.11, lapisan utama adalah lapisan pertama yang akan ditetapkan ketika sel telah terbentuk dan terdiri dari mikrofibril, yang memiliki nilai esensial orientasi acak yang memungkinkan ekspansi saat sel-sel tumbuh. Lapisan sekunder selanjutnya yang terbentuk, dengan masing-masing sub-lapisan menunjukkan pola yang berbeda dalam orientasi mikrofibril. Dari sini, lapisan S2 menempati volume terbesar pada dinding sehingga memiliki pengaruh terbesar

pada sifat-sifat sel dan juga kayu itu sendiri. Lapisan S2 menunjukkan orientasi mikrofibrillar dan terdiri dari berbagai lamella yang sangat erat terkait dengan mikrofibril yang menunjukkan pola berliku heliks. Ruang antara serat sel ditempati oleh lamella tengah, namun pori-pori mikro tetap akan terlihat dibawa kondisi saat dinding cell diamati.



Gambar 2.10 Ultrastruktur dinding sell kayu

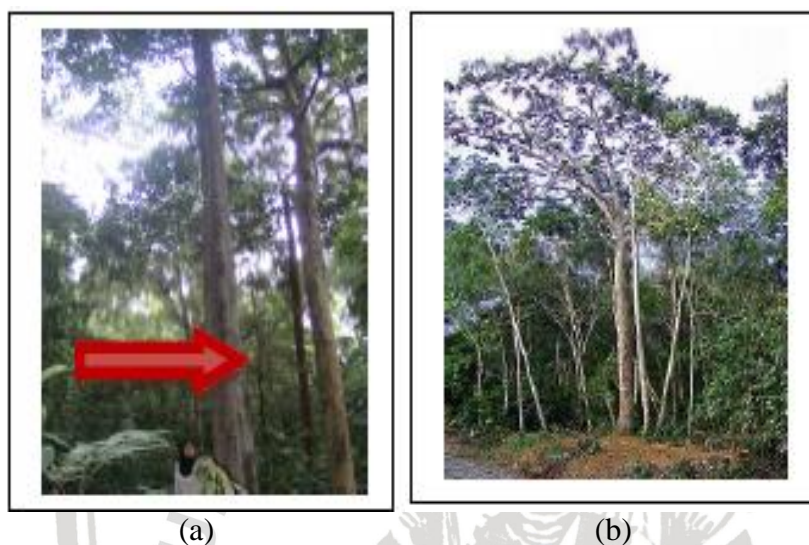
Sumber: *Advances in Composites Materials* Hlm 233 (2008)

c. Struktur nanodimensi dan komponen kimia pada kayu

Kayu merupakan hierarki selular biokomposit (Gambar 2.11). terdiri dari selulosa, hemi- selulosa, lignin, ekstrakatif dan elemen *trace*. Selulosa merupakan komponen karbohidrat utama pada kayu beserta hemiselulosa (20-35% berat total). Lignin, ekstrakatif dan *trace* membentuk bagian lain yang tersisa dari kayu. Kayu seperti sebagian besar lain jaringan biologis termasuk tulang dan gigi secara hierarki menstruktur komposit untuk meningkatkan kekuatan secara maksimum dengan bahan minimum. Banyak dari sifat fisik, kimia dan biologis dari kayu yang dapat diketahui mengacu pada kandungan kimia polimer dari dinding sel. Pada tingkat skala nano, kayu adalah komposit selulosa fibrillar dengan kandungan selulosa sendiri pada kayu sekitar 30-40% dengan setengah selulosanya dalam bentuk nanokristal dan setengahnya amorf (Gambar 2.11). Secara hierarki struktur kayu berdasarkan pada komponen nanofibrillar dasarnya, mengarah pada sifat kekuatan dan kinerja tinggi yang unik dari spesies kayu yang berbeda. Sementara banyak penelitian yang berharga telah memunculkan pemahaman tentang berbagai mekanisme yang berkaitan dengan sifat-sifat kayu, kompleksitas keseluruhan struktur kayu yang penemuan terbatas sehingga memicu penemuan dalam berbagai material biomimetik, studi pada kayu baru sekarang mulai (Lucia & Rojas, 2009).

2.4 Kayu Meranti Merah

Meranti merah (*Shorea coriacea* Burck.) merupakan salah satu yang terdapat di hutan Hamurau. Jenis ini pada umumnya banyak di temukan di Sumatera, Kalimantan dan Maluku. Jenis *Shorea coriacea* Burck ini tinggi pohonnya dapat mencapai 50 m panjang batang bebas cabang sapai 30 m, diameter umumnya sekitar 100 cm, bentuk batang lurus dan silindris dengan banir dapat mencapai 3,5 m dan lebar 2,5 m, memiliki ketebalan kulit 20 cm, kulit luar berwarna merah tua atau coklat kemerahan (Martawidjaya, dkk (1989)).



Gambar 2.11 (a) Kayu meranti merah menurut pengamatan, (b) Meranti merah menurut literatur

Kayu meranti merah termasuk jenis kayu keras, warnanya merah muda tua hingga merah muda pucat, namun tidak sepuat meranti putih. selain bertekstur tidak terlalu halus, kayu meranti juga tidak begitu tahan terhadap cuaca, sehingga tidak dianjurkan untuk dipakai di luar ruangan. Termasuk kayu dengan Kelas Awet III, IV dan Kelas Kuat II, IV. Pohon meranti banyak ditemui di hutan di Pulau Kalimantan.

Menurut Budiman (1999), meranti merah (*Shorea coriacea* Burck.) memiliki bentuk daun jorong sampai bulat telur, panjang 9-15 cm, lebar 3,9-7,6 cm. Permukaan daun bagian bawah dan atas bila diraba licin, ujung meruncing, pangkal membulat, tepi daun rata, dan merupakan daun tunggal. Musim bunga dan buah terjadi sepanjang tahun, meranti merah (*Shorea coriacea* Burck.) ini pada umumnya berbuah setelah berumur 6 tahun sedangkan bunga kecil, daun mahkota merah muda, benang sari berjumlah 15, buah dengan 3 sayap panjang (5,8-7,6 x 0,9-1,5 cm) dan dua sayap pendek (2,8-3,7 x 0,2-0,3 cm) dan bentuk buah bulat telur.

Menurut Khaerudin (1994), meranti merah memiliki fungsi untuk venir dan kayu lapis, disamping itu dapat juga dipakai untuk bangunan perumahan yaitu sebagai rangka, balok, galar, kaso, pintu dan jendela, dinding, lantai, dan peralatan jembatan atau perahu.

Kayu meranti merah ini dapat digolongkan dalam kelas awet II-V. Klasifikasi menurut Cronquist dalam Dasuki 1994 adalah:

- Kingdom : *Plantae*
- Divisio : *Magnoliophyta*
- Clasis : *Magnoliopsida*
- Ordo : *Malvales*
- Familia : *Dipterocarpaceae*
- Genus : *Shorea*
- Spesies : *Shorea coriacea burck*

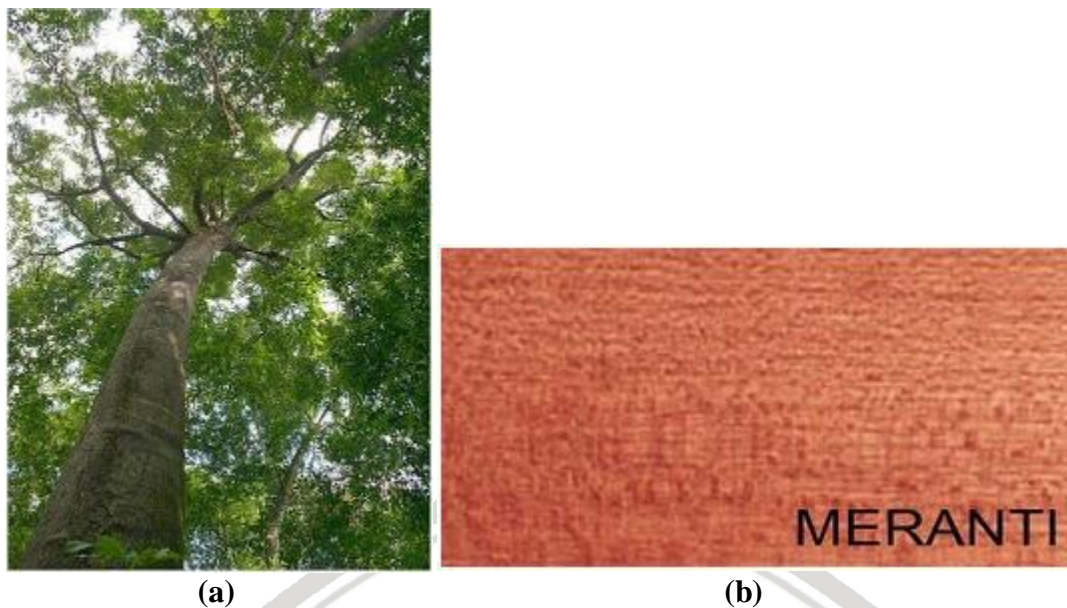
Kegunaan kayu meranti ini lazim dipakai sebagai kayu konstruksi, panil kayu untuk dinding, loteng, sekat ruangan, bahan furnitur dan perabot rumah tangga, mainan, peti mati dan lain-lain. Kayu meranti merah-tua yang lebih berat biasa digunakan untuk konstruksi sedang sampai berat, balok, kasau, kusen pintu-pintu dan jendela, papan lantai, geladak jembatan, serta untuk membuat perahu. Meranti merah baik pula untuk membuat kayu olahan seperti papan partikel, harbor, dan venir untuk kayu lapis. Selain itu, kayu ini cocok untuk dijadikan bubur kayu, bahan pembuatan kertas.

Ada beberapa keunggulan dalam penggunaan kayu meranti merah, antara lain:

1. Kayu meranti termasuk pada kayu dengan kelas awet II, III, IV dan kelas kuat II, III, IV.
2. Harga kayu meranti yang tak begitu mahal menjadikan pilihan bagi bahan pembuatan material kusen, pintu, jendela.
3. Kayu meranti merah cukup mudah diawetkan dengan menggunakan campuran minyak diesel dengan kreoso.
4. Bobot kayu ini berbagai macam mulai dari yang ringan sampai yang berat sehingga bisa disesuaikan dengan kebutuhan.

Ada juga beberapa kelemahan dalam penggunaan kayu meranti merah, antara lain:

1. Kayu ini tidak begitu tahan terhadap pengaruh cuaca, sehingga tidak dianjurkan untuk penggunaan di luar.
2. Tekstur kayunya tidak terlalu halus.
3. Tingkat keawetan dan kekerasannya juga tergolong rendah (kelas II-IV).



Gambar 2.12 (a) Bentuk dari pohon meranti merah, (b) Bentuk alur setelah proses pemotongan menjadi sebuah kayu balok.

Sumber: Jenis-jenis Kayu dan Sifatnya (2014)

Dalam buku “Kayu Material dan Konstruksi”, kayu meranti merah memiliki fungsi dalam pembuatan kulit suatu kapal, karena memiliki syarat tidak mudah pecah, kuat, liat, dan tahan binatang laut. Penggolongan kayu meranti merah termasuk sebagai kelompok komersial satu, artinya dalam pengelolaan serta penggunaannya, kayu meranti merah termasuk kayu yang memiliki kegunaan dan pengelolaan yang baik, mudah untuk dicari serta komersialisasi dalam penggunaan di berbagai aplikasi kebutuhan baik.

2.5 Sandblasting

Sandblasting adalah suatu proses pembersihan suatu permukaan material dengan cara menembakan partikel (pasir) ke permukaan material sehingga menimbulkan gesekan atau tumbukan. Permukaan material tersebut akan menjadi bersih dan kasar. Tingkat kekasarannya dapat disesuaikan dengan ukuran pasirnya serta tekanannya. *Sandblasting* banyak digunakan untuk berbagai macam fungsi, yaitu:

- Digunakan untuk menghilangkan karat, debu, cat, dan pengotor lainnya.
- Digunakan untuk membentuk kekasaran permukaan pada persiapan untuk proses pelapisan

Di dalam persiapan permukaan dengan metode ini, harus dilakukan dengan hati – hati dan oleh tenaga yang terampil dan berpengalaman. Sebab apabila dilakukan oleh orang awam besar kemungkinan orang tersebut justru dapat memperparah keadaan karena material yang digunakan menjadi rusak. *Sandblasting* dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan penggunaannya, yaitu:

1. *Dry Sandblasting*

Biasa digunakan untuk benda yang berbahan *metal*/besi yang tidak beresiko menghasilkan percikan api pada saat penyemprotan, seperti pada tiang pancang, bodi pada rangka mobil, bodi kapal laut, dan lain sebagainya.

2. *Wet Sandblasting*

Biasa digunakan untuk benda yang berbahan *metal*/besi yang dapat beresiko terbakar atau terletak di daerah yang beresiko tinggi dalam hal kebakaran, seperti tangki bahan bakar atau kilang minyak (*offshore*). *Wet sandblasting* ini dicampurkan dengan bahan kimia khusus anti karat yang dapat meminimalisir percikan api pada proses *sandblasting* dilakukan.

2.5.1 Macam-Macam Abrasif Material untuk *Sandblasting*

Macam- macam dari abrasif material dibagi menjadi 2 macam, yaitu

1. *Metal*

Abrasif *metal* antara lain yaitu *steel shoot*, *steel grit*, dan *wire cut carbon*.

2. *Non-Metal*

Abrasif *non-metal* antara lain pasir silika, aluminium oksida, silikon, karbida, *glass bead*, dan *walnut shell*.

2.5.2 Parameter yang Mempengaruhi Proses *Sandblasting*

Parameter yang bisa mempengaruhi proses *Sandblasting* antara lain:

1. Ukuran butir (*mesh*)

Ukuran butir berkaitan dengan bentuk profil permukaan yang terbentuk. Pada butiran yang kecil, bentuk profil permukaan yang dihasilkan cenderung lebih halus dibandingkan dengan ukuran butir yang lebih besar.

2. Sudut penyemprotan

Sudut penyemprotan adalah besarnya sudut yang digunakan dalam penyemprotan antara *nozzle* dengan benda kerja yang disemprotkan sudut yang biasa digunakan dalam penyemprotan antara 60^0 - 120^0 . Sudut 90^0 terhadap permukaan menghasilkan tumbukan yang paling besar.

3. Tekanan penyemprotan

Tekanan penyemprotan mempengaruhi daya dari abrasifnya. Semakin besar tekanan yang digunakan, maka daya abrasifnya juga semakin besar.

4. Jarak penyemprotan

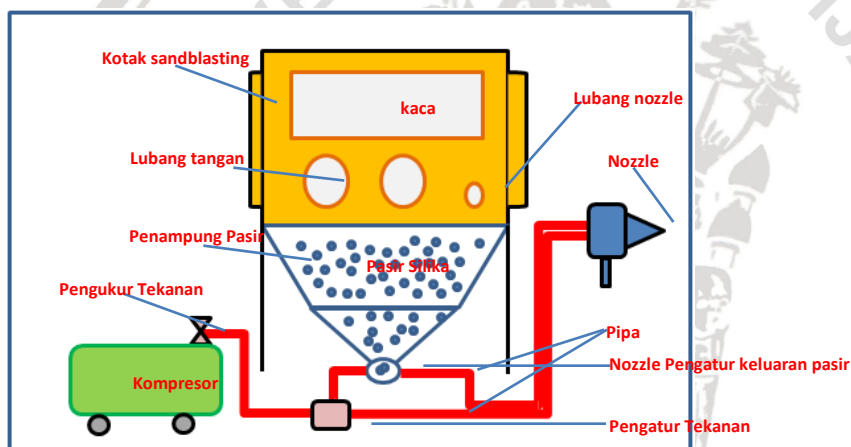
Jarak penyemprotan adalah jarak antara *nozzle* dengan benda kerja yang disemprot. Jarak penyemprotan bisa diatur sesuai dengan hasil yang diinginkan.

5. Waktu penyemprotan

Waktu penyemprotan permukaan dapat mempengaruhi kekasaran permukaan benda kerja. Semakin lama penyemprotan, maka permukaan yang dihasilkan semakin kasar. Rentang waktu yang digunakan ketika proses penyemprotan biasanya didasarkan pengalaman operator. Dalam beberapa kasus waktu yang diperlukan selama 40 – 80 detik untuk setiap luasan penyemprotan.

2.5.3 Prinsip Kerja Sandblasting

Prinsip utama kerja *sandblasting* adalah menyemprotkan pasir bertekanan udara tinggi ke permukaan pipa agar permukaan pipa menjadi bersih dan siap untuk di cat. Ilustrasi cara kerja sandblasting dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Ilustrasi sandblasting

Namun secara detail pekerjaan *sandblasting* dilakukan dengan cara:

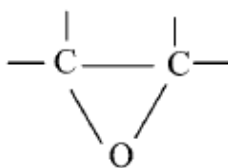
1. Membersihkan plat yang akan di *sandblasting* dengan cara manual, yaitu dengan membersihkan permukaan dengan amplas atau cairan untuk menghilangkan kotoran
2. Mempersiapkan alat dan bahan seperti kompresor, bak pasir, selang, *nozzle* dan permukaan benda kerja sendiri.
3. Pasir yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam bak pasir, pasir harus dalam keadaan kering. Kapasitas pasir yang dimasukkan seharusnya adalah 80% dari volume bak pasir, hal ini bertujuan untuk mengurangi resiko pasir yang terbuang akibat tumpah. Untuk pengisian kembali dapat dilakukan setelah volume berkurang hingga 40%.
4. Setelah pasir dimasukkan ke dalam bak pasir maka katup bak pasir dibuka. Katup inilah yang menjadi jalur keluar bak pasir sebelum dan selama di beri tekanan udara.

5. Menyalakan mesin kompresor. Mesin yang digunakan di kebanyakan galangan di Indonesia adalah mesin kompresor listrik yang sumber energinya berasal dari generator listrik.
6. Pasir bertekanan akan keluar melalui *nozzle*. Tekanan pasir pada ujung *nozzle* akan berkurang tergantung panjang selang yang digunakan. Semakin pendek selang maka semakin besar pula tekanannya.
7. Penggunaan *nozzle* tidaklah sembarangan. *Nozzle* tidak boleh diletakkan terlalu dekat dengan terlalu jauh dengan plat yang akan dibersihkan.
8. Plat yang terkena *sandblasting* akan mengikis. Pengikisan ini akan menumbulkan tekstur kasar yang sangat berpengaruh pada hasil pengecatan setelah *sanblasting*.
9. Setelah semua plat selesai di *sanblasting* maka sebelum dilakukan pengecatan permukaan plat harus disemprotkan udara bertekanan guna menghilangkan debu-debu yang kemungkinan masih menempel pada permukaan plat.
10. Jika semua tahapan *sandblasting* sudah selesai maka boleh dilakukan pengecatan.

2.6 Resin Epoksi

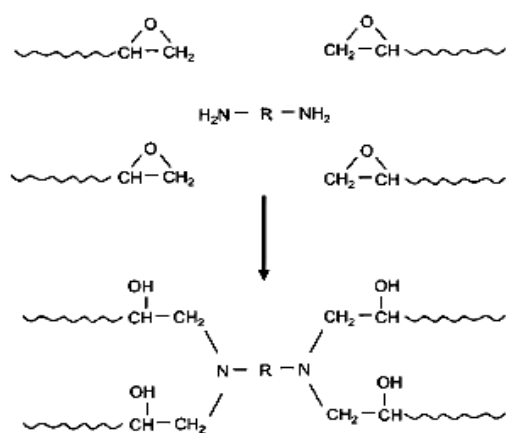
Resin epoksi merupakan bahan dari matriks yang paling umum digunakan untuk komposit performa tinggi dan juga perekat. Epoksi memiliki kombinasi yang sangat baik pada kekuatan, *adhesi*, penyusutan yang rendah dan pemrosesan fleksibilitas. Penggunaan epoksi dalam skala minor ditambahkan untuk memberikan kontrol viskositas, memberikan sifat temperatur tinggi yang lebih tinggi, memberikan penyerapan air yang lebih rendah atau untuk meningkatkan ketangguhan. Ada resin epoksi utama yang digunakan pada industri penerbangan adalah *eter diglisidil* dari Bisphenol A (*diglycidyl ether of Bisphenol A/DGEBA*) yang digunakan secara luas dalam filamen, *pultrusion*, dan beberapa perekat serta *tetraglycidyl metilen dianiline* (TGMDA), juga dikenal sebagai *tetraglycidyl-4,40-diaminodiphenylmethane* (TGGDM), yang merupakan resin epoksi utama digunakan untuk jumlah yang besar dari sistem komersial matriks komposit.

Kelompok resin epoksi, atau cincin *oxirane*, adalah hubungan *crosslinking*:



Gambar 2.14 Struktur *crosslinking* resin epoksi
Sumber: *Structural Composite Materials* (2010)

Pengawetan resin epoksi didasarkan pada membukanya cincin *oxirane* dan *crosslinking* dengan bahan pengawet. Kelompok epoksida memiliki sudut ikatan yang kurang baik, yang membuatnya reaktif secara kimiawi terhadap berbagai zat yang dapat dengan mudah membuka cincin untuk membentuk struktur yang sangat bersilangan. Persilangan dapat terjadi melalui kelompok epoksi atau hasil dari kelompok hidroksi. Ketiga anggota kelompok epoksi biasanya kan muncul sebagai *glycidyl ether*, *glycidyl amine*, atau bagian dari cincin alifatik. *Glycidyl ether* dan amina normalnya memang digunakan untuk komposit, sedangkan *cycloaliphatics* digunakan secara luas pada aplikasi kelistrikan atau epoksi dalam jumlah rendah pada sistem komposit matriks. Dengan bahan pengawet amina, tiap hidrogen akan reaktif dan akan membuka satu cincin epoksi untuk membentuk ikatan kovalen pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Reaksi persilangan antara amina dengan epoksi
Sumber: *Structural Composite Materials* (2010)

Ketika nitrogen amina berisi dua hidrogen, masing-masing akan bereaksi dengan cincin epoksi yang berbeda. Reaksi yang dihasilkan antara epoksi dengan amina akan menghasilkan ikatan karbon-nitrogen (C-N) dan perlu ditekankan bahwa sifat dari awetnya epoksi sangat tergantung dari bahan pengawet yang digunakan. Seperti poliester yang dapat diformulasikan pada suhu kamar atau suhu yang tinggi dengan baik.

Penggunaan resin epoksi dalam jumlah yang kecil sering ditambahkan untuk meningkatkan kemampuan proses (viskositas), kinerja suhu yang tinggi, atau sifat lain dari sistem pengawetan resin. Beberapa ciri khas epoksi yang kegunaannya dalam jumlah kecil termasuk amina berbasis fenol, *novalacs*, *cycloaliphatics*, dan lain-lain.

2.7 Kekuatan Geser

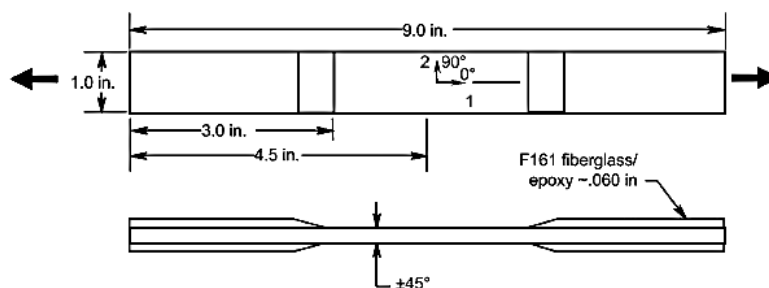
Dalam menentukan kekuatan geser material komposit ada dua jenis yang bisa digunakan. Untuk yang pertama, menguji kekuatan sifat geser material komposit secara

keseluruhan. Yang kedua menentukan kekuatan geser ikatan dari material komposit. Tes yang ideal untuk geser adalah torsi pada tabung berdinding tipis, yang menyediakan keadaan tegangan geser murni, namun metode ini tidak sering digunakan. Karena spesimen yang relatif mahal, rapuh, dan sulit untuk ditahan dan menyelaraskan dengan benar, dan teknik yang dibutuhkan mesin uji torsi yang berkapasitas cukup.

Ada beberapa metode yang berbeda untuk menentukan sifat geser komposit, termasuk ± 45 derajat kupon tarik, tes rel geser, tes geser Iosipescu, dan interlaminar atau uji geser balok pendek. Berikut adalah penjelasan mengenai uji kekuatan sifat geser material komposit:

1. \pm uji tarik 45 derajat

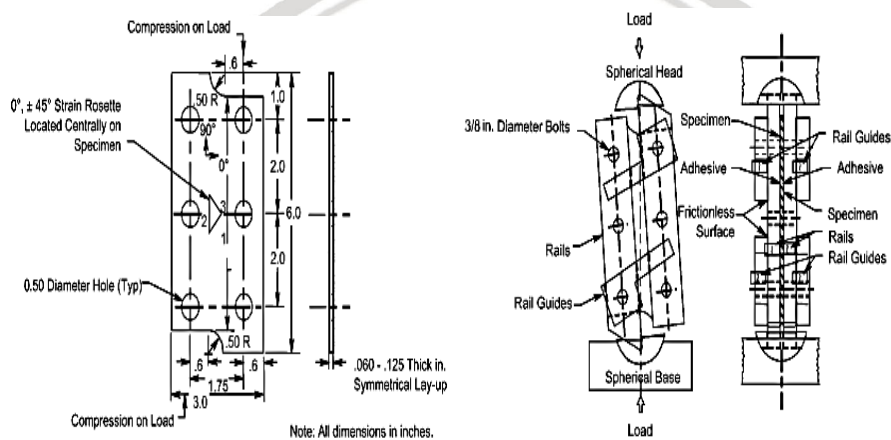
(Gambar. 2.16) berdasar pada ASTM D 3518 dan SACMA SRM-7. Tes ini pada dasarnya adalah uji tarik dari laminasi yang memiliki lapisan ± 45 derajat. Tes ini sangat mirip dengan uji tarik standar kecuali *biaxial strain gages* yang digunakan untuk memperoleh beberapa data yang dibutuhkan untuk menghitung kekuatan geser, modulus dan regangan sampai patah. Tes ini hanya untuk sifat geser lamina dalam suatu bidang. Metode lain harus digunakan untuk mendapatkan data untuk laminasi. Karena tes ini pada dasarnya adalah uji tarik ± 45 derajat, *tensile strength* ± 45 derajat dan modulus juga bisa di ukur.



Gambar 2.16 Pengujian geser *tensile* ($\pm 45^\circ$ Tensile Shear Test)
Sumber: *Structural Composite Materials* Hlm 354 (2010)

2. Rail Shear Test

Tes rel geser (Gambar 2.17) tercakup dalam ASTM D 4255. Kedua metode dua-rel dan tiga-rel digunakan. Spesimen untuk tes geser dua-rel berjumlah 6 spesimen untuk 3 in (15 spesimen untuk 7.5 cm), sedangkan satu untuk tes tiga-rel dengan 6 spesimen untuk 5.375 in (15 spesimen untuk 13,7 in). *Rosette Strain gages* akan dibutuhkan jika modulus geser dan regangan geser telah ditentukan. Karena metode tes ini telah digunakan selama bertahun-tahun, metode ini dapat digunakan untuk sejumlah besar material, rel metal ini harus terikat dengan spesimen, lubang sebagai peralatan tambahan harus dibor pada saat pengujian spesimen, dan konsentrasi tegangan memungkinkan akan berkembang pada lubang baut selama pengujian.

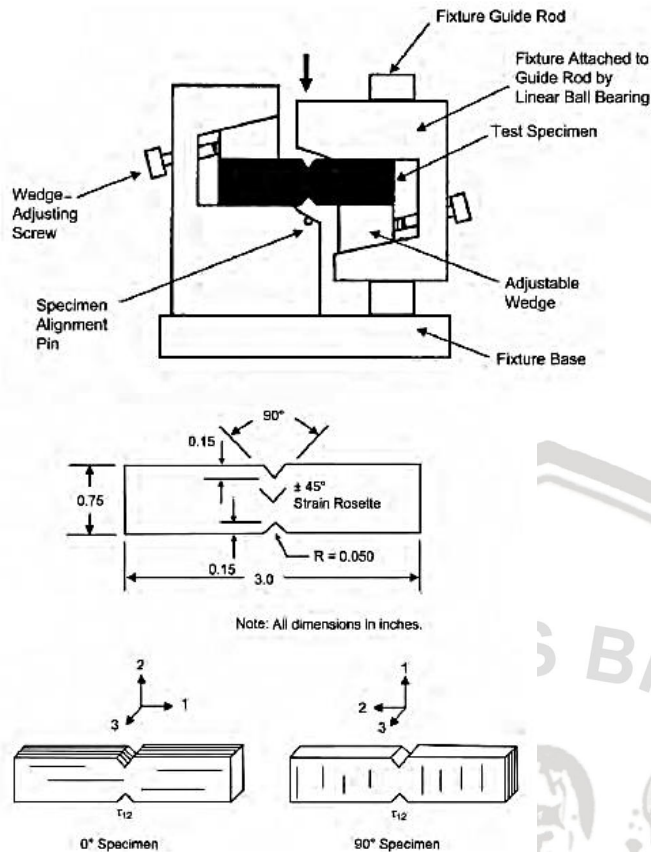


Gambar 2.17 Pengujian geser *two-rail* (dua-rel) (*Rail Shear Test*)

Sumber: *Structural Composite Materials* Hlm 358 (2010)

3. Iosipescu Shear Test

Yang nantinya menggunakan pengujian ASTM D 5379, merupakan prosedur pengujian yang paling baru yang dapat digunakan untuk mendapatkan kedua sifat geser pada lamina dan juga lamina yang berada di dalam bidang (*in-plane*). Spesimen yang dibutuhkan berukuran 3 in (7,5 cm) dan lebar 0,75 in (1,9 cm) dengan sudut *notch* 90° dengan kedalaman 20-22 % dan memiliki radius akar 0,50 in (0,1 cm). jarak direkomendasikan untuk mengurangi kegagalan bantalan. Peralatan tetap (*fixture*) Iosipescu dibutuhkan dan nantinya setiap orientasi bisa diuji. Sebuah biaksial atau *rosette strain gage* diperlukan untuk modulus dan regangan geser. Keuntungan dari tes ini adalah bahwa hal itu dapat digunakan untuk mengukur sifat geser dalam orientasi apapun. Dengan demikian, metode Iosipescu dapat digunakan untuk menunjukkan sifat geser interlaminar oleh mesin spesimen sehingga bidang interlaminar paralel dengan bidang area gage (*gage area*).

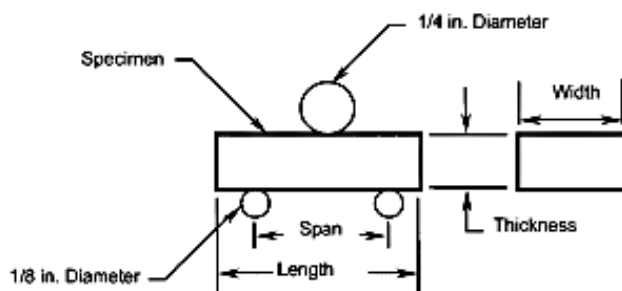


Gambar 2.18 Pengujian geser Iosipescu

Sumber: *Structural Composite Materials* Hlm 359 (2010)

4. Uji geser Interlaminar (*Interlaminar Shear Test*)

Pada Gambar 2.19, atau juga disebut uji geser balok pendek, yang dapat diuji dengan menggunakan uji ASTM D 2344 dan SACMA SRM-8. Geometri spesimen tergantung pada ketebalan, dengan rekomendasi rentang rasio 4 banding 1. Lebar minimum 0,25 in (0,6 cm). meskipun orientasi fiber kecuali lamina 90° dapat digunakan, normalnya dalam praktek menggunakan lamina 0° . tidak ada instrumen yang khusus yang digunakan, seperti pada spesimen uji lentur, kegagalan dapat terjadi karena adanya tegangan, kompresi geser, atau mode campuran. Hanya kegagalan geser *yields* yang dapat dihasilkan secara baik. Kekuatan geser ditentukan oleh metode ini tidak dapat digunakan untuk data desain; Namun, metode tes ini relatif murah dan sangat berguna untuk pengujian kontrol kualitas, pengujian verifikasi proses, tujuan spesifikasi, dan pengujian jenis komparatif dari bahan yang berbeda.



Recommended Dimensions:

Span = 4 x Thickness
Length = 6 x Thickness
Width = 0.25 in. Minimum
= 2 x Thickness, if > 0.125 in.

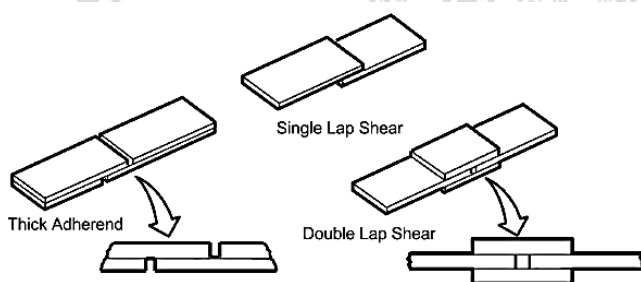
Gambar 2.19 Pengujian geser Interlaminar (*Interlaminar Shear Test*)

Sumber: *Structural Composite Materials* Hlm 360 (2010)

Untuk menentukan kekuatan geser ikatan material komposit ini ada 3 pengujian. Antara lain *single lap shear test*, *the double tap shear test*, dan yang ketiga *the thickness adherend test*. Berikut beberapa penjelasan dari tiap-tiap pengujian:

1. *Single Lap Shear Test*

Uji geser ini merupakan uji geser yang paling sederhana namun cukup efisien akibat adanya pembebanan eksentrik, seperti pada gambar 2.19. Karena adanya tekukan kecil pada beban eksentrik, bahan yang akan direkatkan (*adherend*) akan berusaha menekuk dengan penambahan beban, mendorong beban pada ujung garis yang berikatan. Sementara untuk bahan pengikat (substrat) logam (aluminium lebih baik dibandingkan titanium) akan melentur untuk mengkompensasi, pengikat komposit, dan menjadi rapuh, akan sering gagal dalam kulit interlaminar.

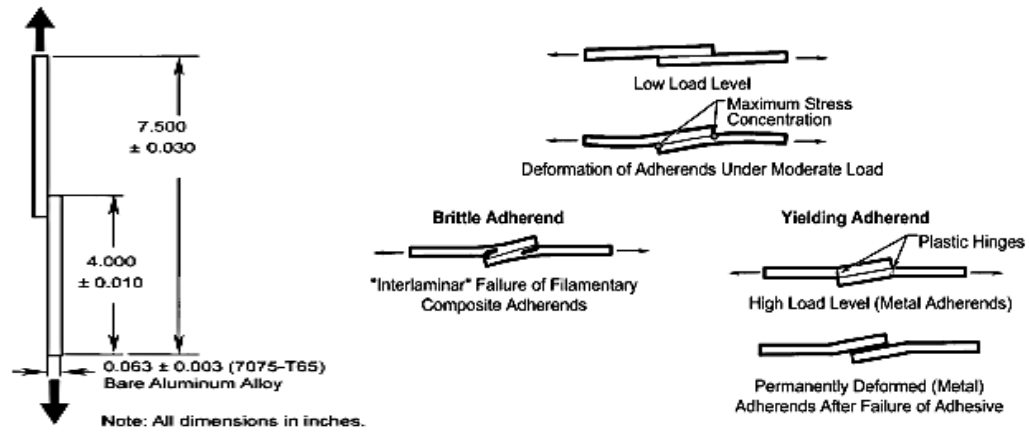


Gambar 2.20 Pengujian geser perekat (*adhesive*)

Sumber: *Structural Composite Materials* Hlm 365 (2010)

Selain itu, garis atau daerah yang berikatan tidak cukup panjang, biasanya terjadi tumpang tindih 0,5 in (1,3 cm) yang nantinya akan menjadi sambungan aktual yang berikatan. Terlepas dari itu, pengujian geser ini secara luas digunakan untuk pengujian pengendalian kontrol dari struktur pengikat yang terikat. Hal ini berguna untuk memverifikasi persiapan permukaan dan pengawetan perekat. Baik pada lamina 0°

atau lamina yang telah tersusun dapat di uji. Hal ini lebih umum dalam pengujian kekuatan geser perekat baik menggunakan substrat aluminium atau titanium. Tidak ada instrumentasi yang digunakan dan hanya kekuatan gesernya saja yang akan diketahui.



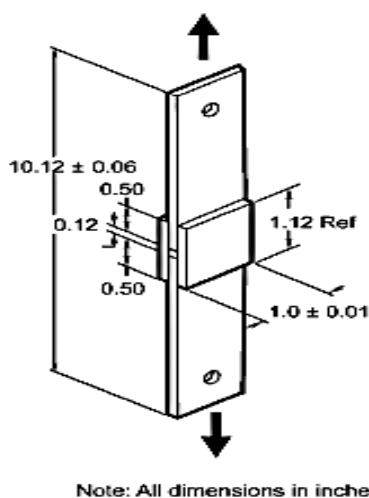
Typical Single Lap Shear Specimen

Gambar 2.21 Pengujian geser Single Lap

Sumber: *Structural Composite Materials* Hlm 366 (2010)

2. The double lap shear test

Pengujian ASTM D3528 merupakan konfigurasi pengujian yang disarankan untuk pengujian *screening* pengikat dan untuk menentukan nilai khas tegangan gesernya. Karena jalur pembebanannya lurus, tidak akan berpengaruh terhadap masalah eksentrik, seperti halnya pada konfigurasi *single lap test*. Pengujian ini sering digunakan dengan komposit serta pada substrat logam. Pengujian ini dapat digunakan untuk menentukan tegangan geser baik dari ikatan sekunder dan juga terjadinya penggabungan komposit. Pengujian ini juga tidak membutuhkan instrumen, dan hanya kekuatan geser (lap) saja yang nilainya akan diketahui.



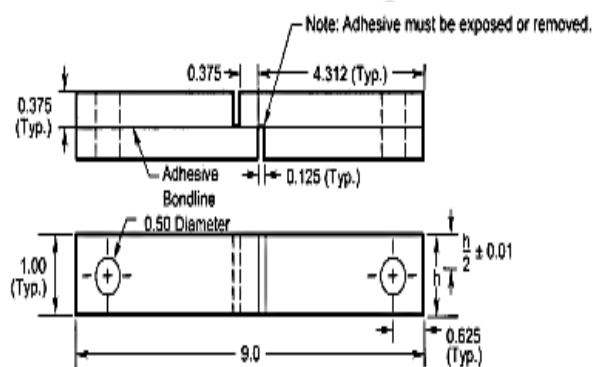
Note: All dimensions in inches.

Gambar 2.22 Tipe pengujian geser double lap

Sumber: *Structural Composite Materials* Hlm 367 (2010)

3. *The thick adherend test*

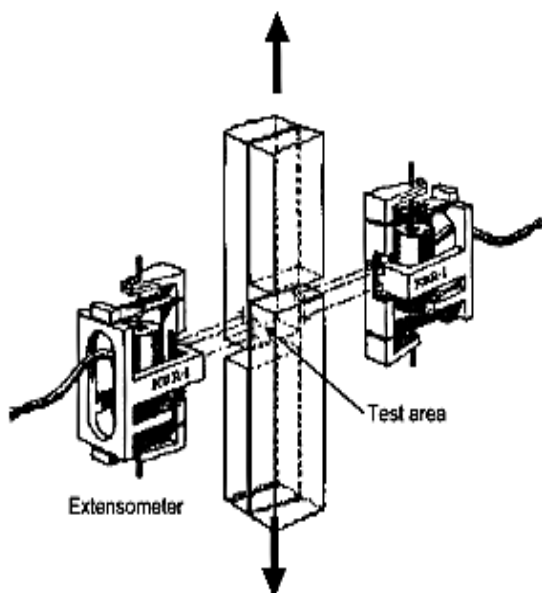
Ditentukan dalam ASTM D 5656, digunakan untuk menentukan sifat desain sistem perekat. Meskipun konfigurasinya gesernya *single lap*, namun substratnya sangat tebal sehingga kebengkokan tidak akan terjadi. Dua ekstensometer KGR-1 yang digunakan secara akurat untuk melihat defleksi yang sangat kecil sekitar 0,000001 in. (0,0254 mm). nilai dari tegangan geser sebenarnya, modulus geser dan regangan geser dapat diukur dengan menggunakan tes ini, sebagai mana ditampilkan pada contoh kurva tegangan-regangan geser ini (Gambar 2.23).



Note: All dimensions in inches. Material 7075-T651 Bare.

Gambar 2.23 Dimensi Spesimen uji *thick adherends*

Sumber: *Structural Composite Materials* Hlm 368 (2010)



Gambar 2.24 Metode pengujian *thick adherends*

Sumber: *Structural Composite Materials* Hlm 368 (2010)

2.8 Teori Mengenai Fraksi Volume

Fraksi volume berdasarkan pengertian kimia, dapat didefinisikan sebagai volume suatu konstituen dibagi dengan volume total konstituen dalam campuran sebelum kondisi

tercampur. Dalam penjelasannya, fraksi volume memiliki konsep yang sama seperti persen volume (100%) namun persen volume disini sebagai pembagi. Fraksi volume merupakan salah satu proses perhitungan suatu komposisi campuran dengan kuantitas yang tidak berdimensi. Dalam Pembuatan material komposit, perhitungan komposisi fraksi volume komposit mengacu pada persamaan dalam *rule of mixture* antara matriks dengan serat. Dengan melakukan perhitungan terlebih dahulu maka persamaan tersebut akan menghasilkan nilai fraksi volume yang nantinya digunakan untuk pembuatan material komposit. Beberapa persamaan yang digunakan antara lain:

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai volume serat:

$$(V_s) = \frac{m}{\rho} \quad (2-1)$$

Sumber: William D. Callister, Jr (2006)

Dimana : V_s = volume serat (cm^3)

m = massa matriks (gram)

ρ = densitas (g/cm^3)

- Perhitungan volume komposit :

$$V_k = \frac{100 \%}{\% \text{ fraksi}} \times V_s \quad (2-2)$$

Sumber: William D. Callister, Jr (2006)

Dimana : V_k = Volume komposit

% fraksi = Nilai fraksi yang telah ditentukan (sesuai kebutuhan)

V_s = Volume serat

- Perhitungan nilai volume matriks:

$$V_m = V_k - V_s \quad (2-3)$$

Sumber: William D. Callister, Jr (2006)

Dimana: V_m = Volume matriks (cm^3)

V_k = Volume komposit (cm^3)

V_s = Volume serat (cm^3)

Selain dari rumusan tersebut, perhitungan terhadap bahan matriks komposit sendiri perlu untuk menentukan perbandingannya yang disesuaikan terhadap karakteristik matriks itu sendiri. Hal ini dibutuhkan sebagai dasar dari perhitungan volume matriks yang nantinya digunakan sebagai bahan komposit.

- Perhitungan volume matriks:

$$V_s = V_{\text{epoksi}}/2 \text{ dan } V_s = V_{\text{hardener}}/2^* \quad (2-4)$$

*tergantung dari jenis matriks apa yang digunakan

Sumber: William D. Callister, Jr (2006)

- Perhitungan volume dari epoksi dan *hardener*:

$$V_{\text{epoksi}} = \frac{m_{\text{epoksi}}}{\rho_{\text{epoksi}}} \quad (2-5)$$

(ρ_{epoksi} sesuai dengan properti resin epoksi yang digunakan)

$$V_{\text{hardener}} = \frac{m_{\text{hardener}}}{\rho_{\text{hardener}}} \quad (2-6)$$

(ρ_{hardener} sesuai dengan properti *hardener* yang digunakan)

Sumber: William D. Callister, Jr (2006)

2.9 Hipotesis

Penggunaan material abrasif dengan metode *sandblasting* yang bervariasi sudutnya akan membentuk profil pada permukaan kayu meranti menjadi kasar dan menyebabkan mampu berikatan dengan material komposit resin epoksi dan *fiberglass* sehingga menghasilkan kekuatan yang lebih baik dibanding dengan kayu tanpa lapisan material komposit.







BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental (*experimental research*) nyata yang bertujuan untuk mengetahui nilai dari geser pada pelapisan material kayu meranti merah dengan material komposit resin dan *fiberglass* setelah dilakukan proses *sandblasting* pada kayu meranti merah.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di beberapa tempat untuk proses pembuatan dan pengambilan data pada Bulan September 2016 sampai Juni 2018, yaitu :

1. Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
2. Laboratorium Beton dan Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
3. Laboratorium Sentral Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

3.3 Variabel Penelitian

Dalam suatu penelitian pada umumnya digunakan 3 variabel, antara lain variabel bebas, variabel terikat dan variabel terkontrol.

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas merupakan variabel yang digunakan dalam penelitian yang ditentukan sebelum penelitian dimulai atau pra penelitian oleh peneliti itu sendiri tanpa dipengaruhi oleh variabel lain. Dalam penelitian ini, variabel bebas yang digunakan yaitu:

- a. Jumlah spesimen yang digunakan dalam penelitian:

Sudut 30° berjumlah 6 spesimen

Sudut 45° berjumlah 6 spesimen

Sudut 60° berjumlah 6 spesimen

Sudut 90° berjumlah 6 spesimen

2. Variabel Terkontrol (*Control Variable*)

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya tetap/konstan dan telah ditentukan sebelum penelitian dimulai oleh peneliti itu sendiri. Variabel terkontrol yang digunakan sebagai berikut :

1. Tekanan yang digunakan terhadap spesimen sama yaitu 5 bar
2. Jarak penyemprotan terhadap spesimen adalah 20 cm
3. Waktu penyemprotan satu spesimen selama 60 detik
4. *Mesh* pasir silika antara 16-30

3. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

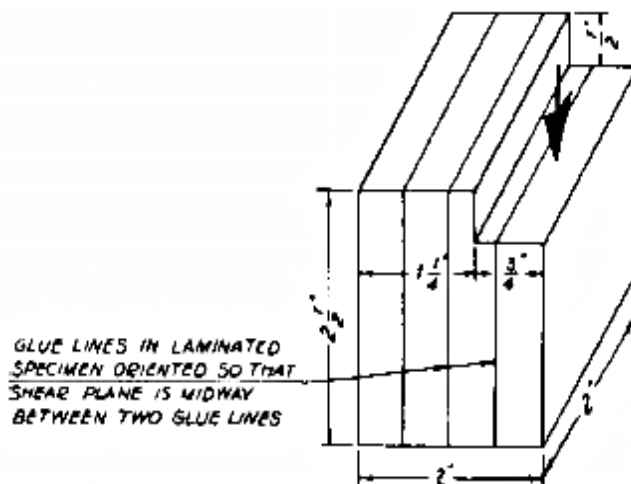
Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tidak dapat ditentukan sendiri, melainkan nilai yang didapatkan dari variabel bebas dari suatu penelitian dan akan didapatkan setelah penelitian yang dilakukan telah selesai. Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu kekuatan tekan dan geser yang dihasilkan.

3.4 Spesimen Uji

Benda kerja yang digunakan:

1. Kayu Meranti Merah

Pembuatan dimensi komposit resin epoksi dan *fiberglass*, untuk ketebalannya menggunakan dimensi standar ASTM D1037 sebagai acuan pembuatan spesimen uji.



<i>Metric Equivalents</i>					
in.	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$	2	$2\frac{1}{4}$
mm	12.7	19	31.7	51	63.5

Gambar 3.1 Dimensi spesimen pengujian geser ikatan komposit

2. Gabungan Kayu Merani Merah dengan Resin dan *Fiberglass*

Bahan ini yang akan digunakan dalam pengujian geser setelah proses *sandblasting* dan penggabungan 3 material, yaitu kayu meranti merah, resin epoksi dan *fiberglass* dengan dimensi sesuai dengan standar pengujian komposit ASTM D905.

3. Resin Epoksi



Gambar 3.2 Resin epoksi avian

Tabel 3.1
Spesifikasi Resin Epoksi Merk Avian

Nama Kimia	<i>Epichlorohydrin in Bisphenol-A</i>
Titik Didih	$>260^{\circ}\text{C}$
Titik Nyala (<i>Flash Point</i>)	$>249^{\circ}\text{C}$
Densitas Relatif	1,10-1,30 g/cm^3
Kekentalan	135-140 KU pada suhu 25°C
Kadar Padatan	95-100
Berat jenis @ 30°C	0,74-0,77 kg/liter
Warna	Bening/Transparan
Penampilan	Cairan
Daya Sebar	6-8 m^2/liter per lapis (tergantung)

Polimer yang mengandung gugus epoksi, yakni gugus berisi atom oksigen yang terikat pada dua atom karbon berdampingan. Resin epoksi dibuat dengan mengkopolimerisasikan bisfenol A dan epiklorohidrin sehingga diperoleh rantai epoksi dengan bobot molekul rendah. Penambahan poliamina atau poliamida akan mematangkan (mengeraskan) polimer dengan terbentuknya hubungan silang dan pemnajangan rantai. Dengan tidak adanya produk samping, pematangan resin tidak disertai oleh penyusutan. Resin ini banyak digunakan sebagai perekat, lapisan pelindung dan bahan kerangka karena sifatnya yang kuat saat menempel di suatu permukaan, mudah dimatangkan, hampir tak menyusut, tahan terhadap panas dan kelembaban, keras namun lentur, tahan terhadap benturan dan bisa sebagai penyekat listrik. Resin epoksi ini merupakan bahan kedua yang digunakan sebagai spesimen uji untuk melapisi kayu meranti merah setelah dilakukan proses *sandblasting*. Resin ini juga akan digunakan untuk melapisi *fiberglass*.

4. *Fiberglass* serat acak

Fiberglass ini merupakan bahan kedua sebagai spesimen uji dalam penelitian ini sebagai pelapis terhadap kayu meranti merah yang akan diletakkan di tengah-tengah cairan resin.

5. *Epoxy Hardener* (Pengeras Resin Epoksi)



Gambar 3.3 Hardener epoksi merk avian

Tabel 3.2

Spesifikasi *Epoxy Hardener* Merk Avian

Nama Kimia	Triethylenetetramine
Titik Didih	>260°C
Titik Nyala (<i>Flash Point</i>)	>200°C
Densitas Relatif	0,96-0,98 g/cm ³
Kekentalan	250-350 KU(poise) pd suhu 25°C
Kadar Padatan	90-95
Berat jenis @30°C	0,74-0,77 kg/liter
Warna	Bening Kekuningan
Penampilan	Cairan Kental
Daya Sebar	6-8 m ² /liter per lapis (tergantung)

Sering disebut juga *wetting agent*. *Hardener* berfungsi sebagai campuran atau katalis untuk resin epoksi agar mampu mengikat resin dengan material lain.

3.5 Prosedur Pengujian

Dalam penelitian ini, ada beberapa prosedur yang akan dilaksanakan supaya dalam pelaksanaannya mendapatkan hasil yang baik. Prosedur penelitiannya sebagai berikut.

1. Melakukan pemotongan spesimen kayu meranti merah sesuai dengan ukuran pada Gambar 3.1
2. Melakukan pengujian *sandblasting* pada spesimen menggunakan material abrasif dengan tekanan tetap sebesar 5 bar dan variasi sudut dengan urutan dari 45° sejumlah 6 spesimen, 60° sejumlah 6 spesimen, 75° sejumlah 6 spesimen dan 90° sejumlah 6 spesimen dengan jarak 25 cm dari benda uji
3. Melakukan foto makro struktur permukaan setelah dilakukan proses *sandblasting*
4. Membuat cetakan untuk menggabungkan kayu meranti merah dengan resin dan *fiberglass* sesuai dengan dimensi pada Gambar 3.2

5. Melapisi permukaan kayu meranti merah pada salah satu sisi yang telah di-*sandblasting* dengan lapisan komposit resin epoksi dan *fiberglass*
6. Didiamkan selama 1 hari penuh untuk memastikan resin dan *fiberglass* memiliki kekerasan sesuai dengan prosedur pembuatan
7. Melakukan pengujian kekuatan geser
8. Melakukan uji SEM untuk melihat struktur patahan
9. Membuat pembahasan dari hasil penelitian yang telah dilakukan
10. Membuat kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan

3.6 Rancangan Penelitian

Dalam perancangan penelitian ini, variabel bebas, variabel terikat dan variabel terkontrol sesuai dengan yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya. Setelah penentuan dan proses pengujian yang pertama yaitu *sandblasting*, hasil yang diperoleh adalah:

1. Hasil foto makro dari masing-masing variasi sudut.
 - a. Foto makro dengan variasi sudut 30°



Gambar 3.4 Hasil foto makro dengan perbesaran 30x dengan skala 1,5 cm
Sumber: Dokumentasi Pribadi

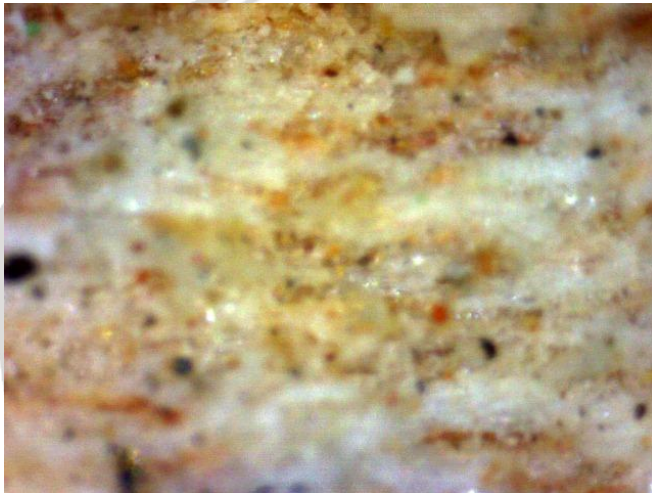


Gambar 3.5 Hasil foto makro dengan perbesaran 400x dengan skala 1 mm
Sumber: Dokumentasi Pribadi

- b. Foto makro dengan variasi sudut 45°



Gambar 3.6 Hasil foto makro dengan perbesaran 30x dengan skala 1,5 cm
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 3.7 Hasil foto makro dengan perbesaran 400x dengan skala 1 mm
Sumber: Dokumentasi Pribadi

- c. Foto makro dengan variasi sudut 60°



Gambar 3.8 Hasil foto makro dengan perbesaran 30x dengan skala 1,5 cm
Sumber: Dokumentasi Pribadi

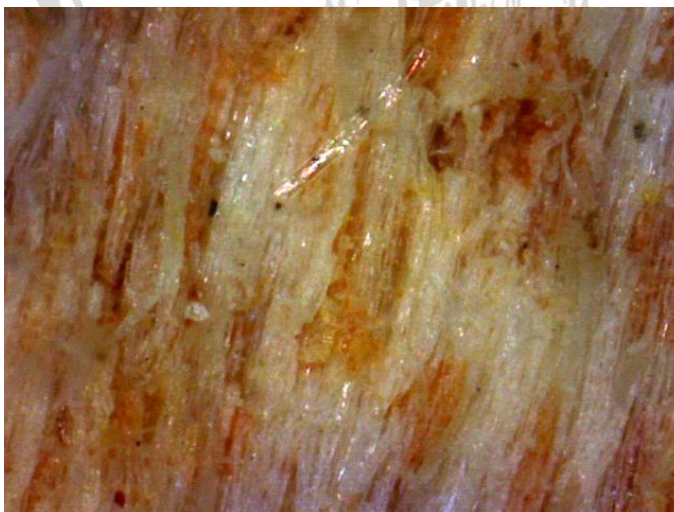


Gambar 3.9 Hasil foto makro dengan perbesaran 400x dengan skala 1 mm
Sumber: Dokumentasi Pribadi

- d. Foto makro dengan variasi sudut 90°



Gambar 3.10 Hasil foto makro dengan perbesaran 30x dengan skala 1,5 cm
Sumber: Dokumentasi Pribadi

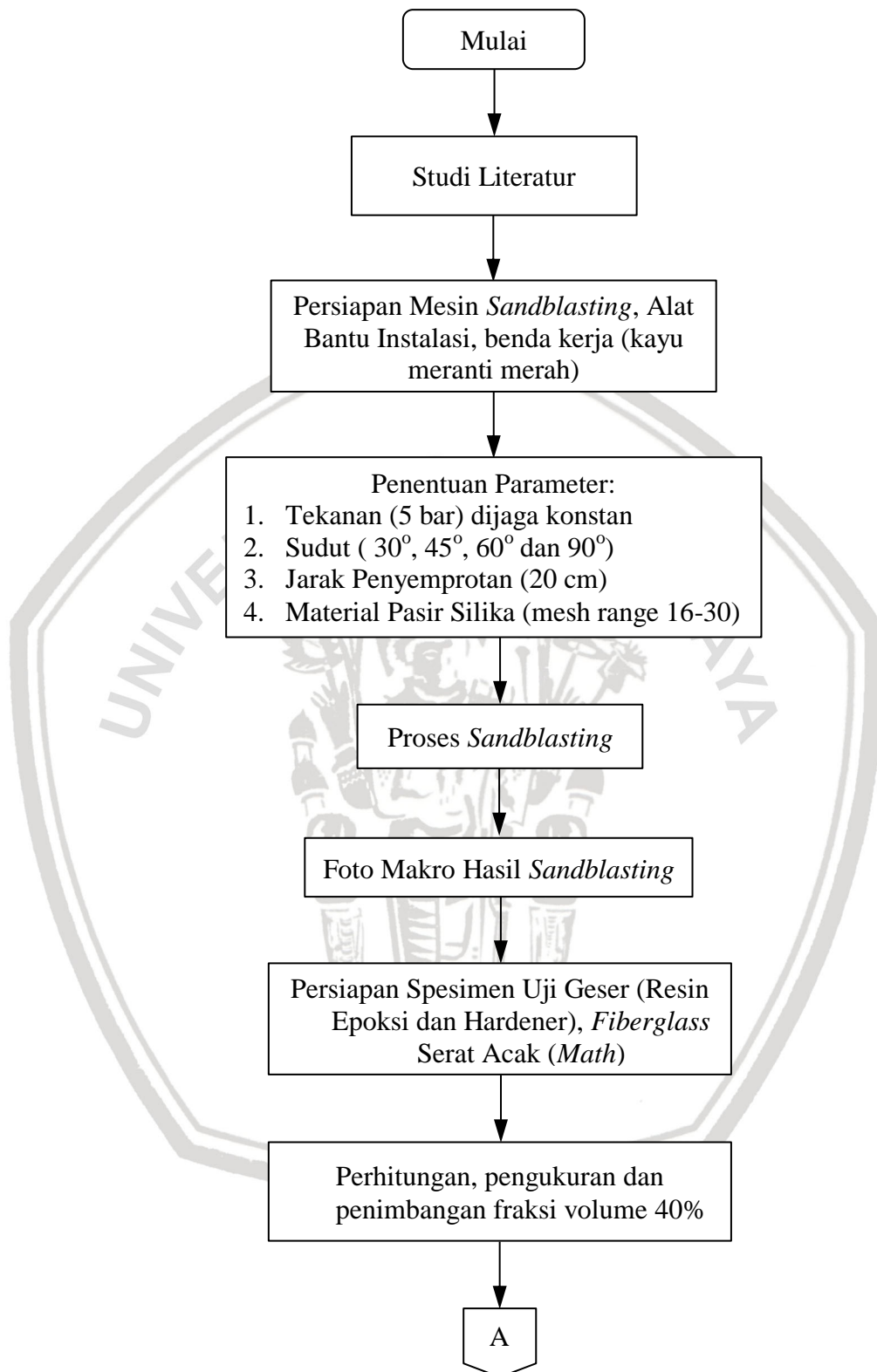


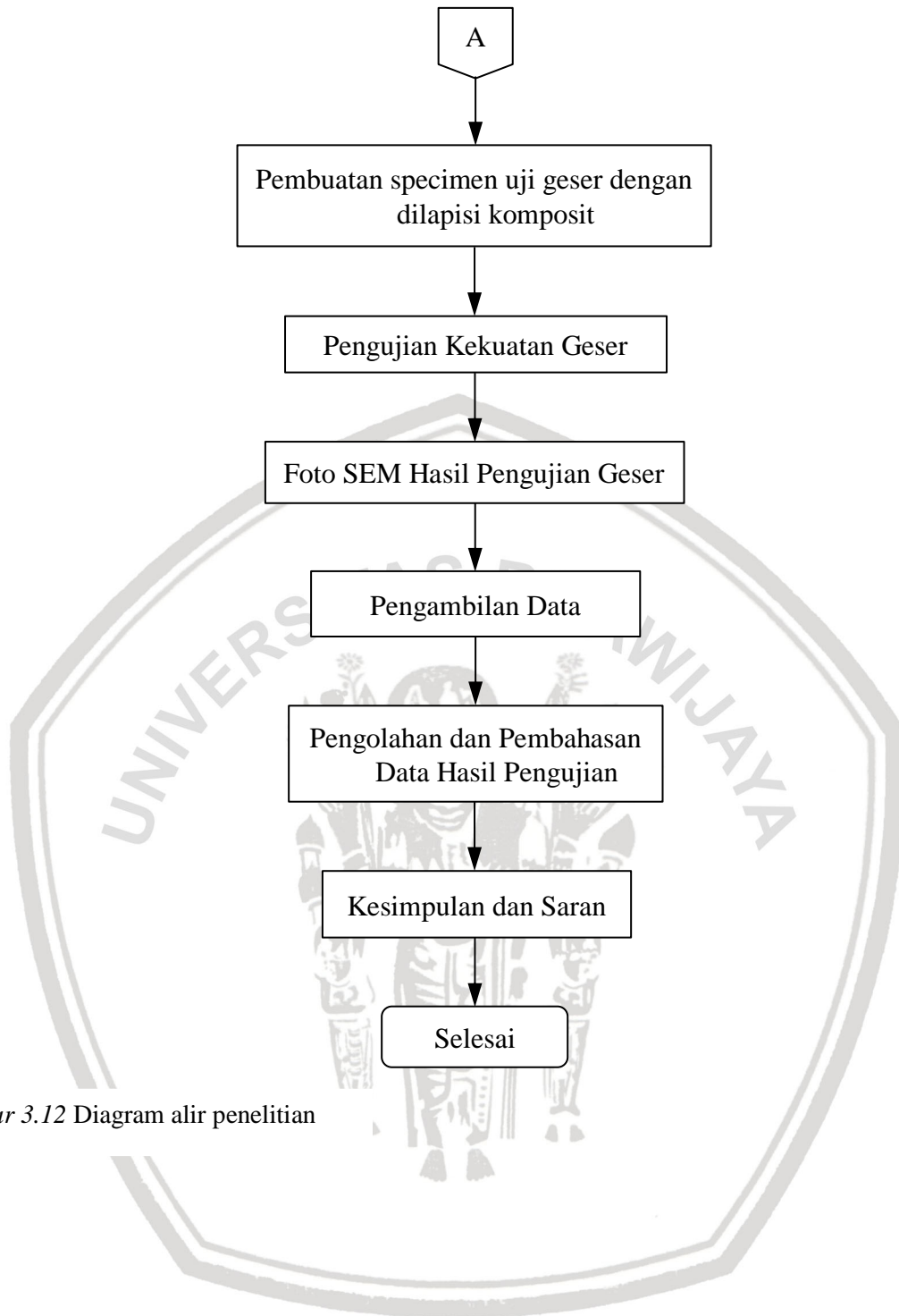
Gambar 3.11 Hasil foto makro dengan perbesaran 400x dengan skala 1 mm
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Setelah melakukan foto makro dan foto SEM (Lampiran) hasil dari *sandblasting* permukaan dari Kayu Meranti Merah, selanjutnya melakukan pelapisan spesimen dengan resin dan *fiberglass* yang nantinya setelah spesimen telah jadi, akan dilakukan pengujian kekuatan geser dengan untuk mengetahui nilainya.



3.3.7 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.12 Diagram alir penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

1. Hasil Pengujian Geser

Data hasil pengujian geser berupa kekuatan geser maksimum yang diperoleh dari beban geser maksimum yang mampu ditahan oleh komposit. Tabel 4.1 berikut ini menunjukkan hasil pengujian geser material komposit berpenguat *fiberglass* dengan susunan serat acak dengan resin epoksi sebagai matriksnya.

Tabel 4.1

Data Hasil Pengujian Geser

No	Sampel Uji Geser		Beban Geser Maksimum (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm ²)	Tegangan Geser (N/cm ²)	Kekuatan Geser (MPa)
1	Sudut 30°	1	300	12	117.68	1.1768
		2	296.5	11.86	116.31	1.1631
		3	268.5	10.74	105.32	1.0532
		4	211.5	8.46	82.96	0.8296
		5	252.5	10.1	99.05	0.9905
		6	236.5	9.46	92.77	0.9277
2	Sudut 45°	1	191.5	7.66	75.12	0.7512
		2	152.5	6.1	59.82	0.5982
		3	157.5	6.3	61.78	0.6178
		4	148	5.92	58.06	0.5806
		5	151	6.04	59.23	0.5923
		6	203	8.12	79.63	0.7963
3	Sudut 60°	1	81	3.24	31.77	0.3177
		2	103	4.12	40.40	0.4040
		3	69	2.76	27.07	0.2707
		4	89	3.56	34.91	0.3491
		5	168	6.72	65.90	0.6590
		6	79	3.16	30.99	0.3099
4	Sudut 90°	1	127	5.08	49.82	0.4982
		2	81	3.24	31.77	0.3177
		3	43	1.72	16.87	0.1687
		4	32	1.28	12.55	0.1255
		5	40	1.6	15.69	0.1569
		6	37	1.48	14.51	0.1451

Perhitungan salah satu spesimen untuk mendapatkan fraksi volume sebesar 40% serat setelah proses *sandblasting*. Sebelum membuat lapisan komposit, perlu dilakukan proses perhitungan agar didapatkan spesimen sesuai dengan prosedur pengujian. Berikut proses perhitungannya:

- Fraksi volume 40% (40% serat, 60% matriks)

Diketahui: Massa fiber = 0,67 gram

$$\rho_{\text{serat}} = 2,6 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_{\text{epoksi}} = 1,3 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_{\text{hardener}} = 0,98 \text{ gr/cm}^3$$

1. Mencari volum serat:

$$V_{\text{serat}} = \frac{m}{\rho}$$

$$V_{\text{serat}} = \frac{0,67 \text{ gr}}{2,6 \text{ gr/cm}^3} = 0,25769 \text{ cm}^3$$

2. Mencari volum komposit

$$V_{\text{komposit}} = \frac{100 \%}{\text{fraksi}_{\text{serat}}} \times V_{\text{serat}}$$

$$= \frac{100 \%}{40\%} \times 0,25769 \text{ cm}^3 = 0,644225 \text{ cm}^3$$

3. Mencari volum matriks

$$V_{\text{matriks}} = V_{\text{komposit}} - V_{\text{serat}}$$

$$= 0,644225 \text{ cm}^3 - 0,25769 \text{ cm}^3$$

$$= 0,386535 \text{ cm}^3$$

4. Mencari V_{epoksi} dan V_{hardener} ($V_{\text{epoksi}} : V_{\text{hardener}} = 1 : 1$)

$$V_{\text{epoksi}} = V_{\text{matriks}} / 2$$

$$= 0,386535 \text{ cm}^3 / 2 = 0,1932675 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{hardener}} = 0,1932675 \text{ cm}^3$$

5. Mencari massa epoksi dan *hardener*

$$m_{\text{epoksi}} = V_{\text{epoksi}} \times \rho_{\text{epoksi}}$$

$$= 0,1932675 \text{ cm}^3 \times 1,3 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 0,25124775 \text{ gr}$$

$$m_{\text{hardener}} = V_{\text{hardener}} \times \rho_{\text{hardener}}$$

$$= 0,1932675 \text{ cm}^3 \times 0,98 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 0,18940215 \text{ gr}$$

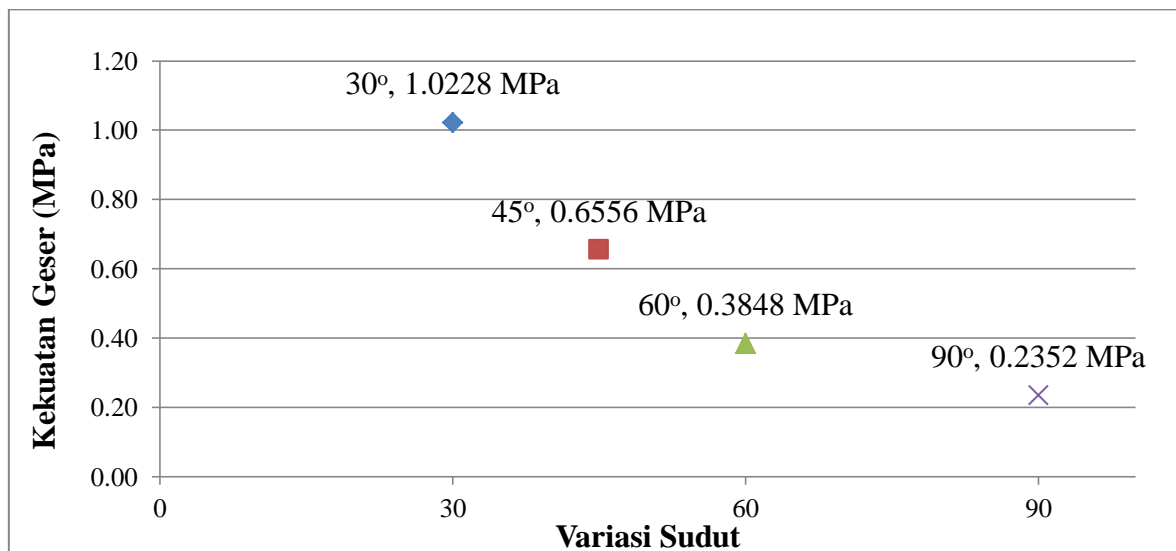
Pengujian geser dilakukan masing masing sebanyak 6 kali untuk setiap variabel sampel uji geser. Dari setiap variabel diketahui bahwa terdapat perbedaan hasil pengujian dengan nilai tertinggi berada pada fraksi volume 40% dengan sudut *sandblasting* 30° dengan nilai sebesar 1.1768 MPa, sedangkan nilai kekuatan geser terendah terdapat pada fraksi volume 40% dengan sudut 90° sebesar 0.1255 MPa.

Dari tabel 1 di atas, selanjutnya diolah dan disajikan dalam bentuk grafik hubungan atau pengaruh dari variasi sudut dalam *sandblasting* terhadap nilai dari kekuatan geser dari komposit berpenguat resin epoksi dan *fiberglass* dengan susunan acak sebagai pelapis.

4.2 Pembahasan Grafik dan Analisis Foto Makro

4.2.1 Pembahasan Grafik

Pada Gambar 4.1 diketahui bahwa kekuatan geser komposit berpenguat *fiberglass* serat acak mengalami penurunan seiring dengan peningkatan sudut proses *sandblasting* di mana nilai fraksi volume yang tetap (V_f) dan pada sudut 30° yaitu sebesar 1.1768 MPa dan cenderung mengalami penurunan kekuatan geser untuk tiap-tiap variasi sudut.



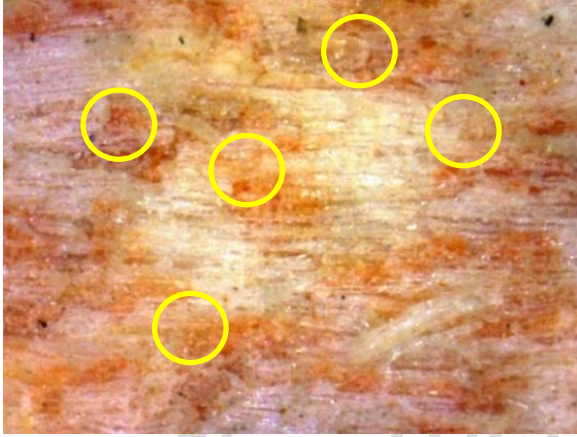
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh variasi sudut *sandblasting* terhadap kekuatan geser komposit dengan berpenguat *fiberglass* serat acak sebagai pelapis

Pada grafik tersebut untuk nilai terkecil terdapat pada variasi sudut 90° yaitu sebesar 0.1255 MPa. Semakin tinggi sudut *sandblasting* yang digunakan untuk membuat profil permukaan, semakin meningkatkan nilai dari kekuatan geser komposit sebagai pelapis. Dalam hal ini, tidak sesuai dengan hipotesis. Ada beberapa penyebab bahwa semakin besar sudut yang digunakan, akan menyebabkan permukaan kayu yang digunakan sebagai bahan utama semakin kasar dan menyebabkan profil dari permukaan yang terkena *sandblasting* semakin dalam. Dengan fraksi volume yang tetap akan menyebabkan proporsi atau perbandingan matriks dan serat tidak seimbang, sehingga menyebabkan kekuatan ikatan (*bonding*) antara komposit dan permukaan kayu kurang baik jika dibandingkan dengan sudut 30° . Selain itu, semakin besar sudut *sandblasting* dapat menyebabkan adanya penetrasi pasir silika yang menimbulkan celah/lubang yang lebih dalam pada permukaan kayu meranti merah sehingga pada proses *hand lay-up* sebagian matriks masuk melalui pori-pori tersebut. Terjadinya *locking* ikatan mekanik yang lebih kuat antara material komposit dengan permukaan kayu terletak pada sudut 30° dan semakin menurun seiring meningkatnya variasi sudut. Hal ini diperkuat dengan hasil dari foto makro yang dilakukan sebelum proses pelapisan dengan komposit dan pasca pengujian geser.

4.2.2 Pembahasan Foto Makro

Dalam proses pembuatan spesimen uji ini, menjelaskan profil permukaan kayu meranti merah hasil dari proses *sandblasting* yaitu:

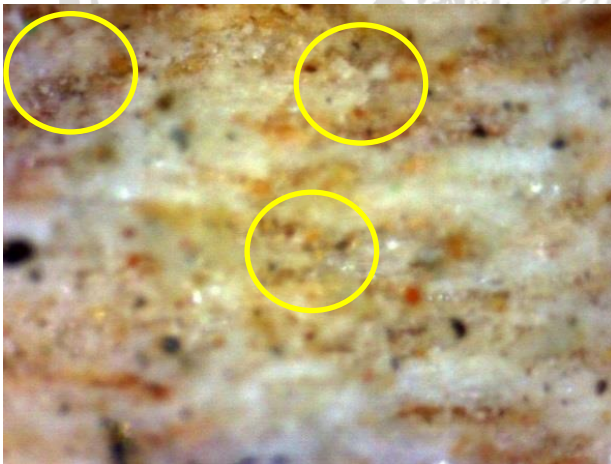
1. Foto makro *sandblasting* sudut 30°



Gambar 4.2 Foto makro dengan perbesaran 400x dengan skala 1 mm variasi sudut 30°

Dari foto tersebut terlihat bahwa beberapa bagian berwarna lebih gelap, hal tersebut merupakan permukaan dari kayu meranti merah setelah dilakukan *sandblasting*. Dari foto menunjukkan bahwa terdapat cekungan yang tidak terlalu dalam dan nantinya akan saling berikatan secara mekanik antara matriks dengan permukaan kayu meranti.

2. Foto makro *sandblasting* dengan sudut 45°



Gambar 4.3 Foto makro dengan perbesaran 400x skala 1 mm variasi sudut 45°

Dari foto tersebut terlihat bahwa beberapa bagian berwarna lebih gelap, hampir sama dengan sudut 30° . Namun perbedaannya dalam hal kedalaman cekungan dan mulai dari sudut 45° ini permukaan kayu sedikit terdapat celah yang lebih dalam dibandingkan cekungan yang terbentuk. dan beberapa butir pasir silika terdapat di permukaan kayu.

3. Foto Makro *sandblasting* dengan sudut 60°



Gambar 4.4 Foto makro dengan perbesaran 400 x skala 1 mm variasi sudut 60°

Dari foto di atas, terlihat adanya struktur dari permukaan kayu yang meruncing. Hal tersebut menjelaskan adanya celah yang lebih dalam dibanding cekungan-cekungan pada variasi sudut sebelumnya. Dari hasil foto makro tersebut jika dibandingkan dengan variasi sudut 45° terdapat perbedaan kedalaman serta jumlah celah tersebut yang lebih banyak, dan celah tersebut nantinya akan mempengaruhi proses pelekatan komposit pada permukaan kayu meranti merah.

4. Foto Makro *sandblasting* dengan sudut 90°



Gambar 4.5 Foto makro dengan perbesaran 400 x skala 1 mm variasi sudut 90°

Dari foto tersebut menjelaskan terdapatnya celah yang lebih dalam permukaannya dibanding cekungan yang terbentuk dari permukaan kayu meranti merah. Hal ini akan sangat mempengaruhi kekuatan yang dihasilkan dalam proses penggabungan material komposit dengan kayu meranti sebagai pelapis dikarenakan meskipun gaya menekan yang terjadi lebih besar dikarenakan tegak lurus terhadap bidang tembak pasir, namun hal tersebut akan menimbulkan lubang yang merusak permukaan dari kayu dan tidak terjadi *locking* atau ikatan mekanik antara permukaan kayu meranti dengan komposit dengan baik yang dapat menurunkan kekuatan geser.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Hasil dari penelitian tidak sesuai dengan hipotesa dimana kekuatan geser lapisan komposit mengalami kecenderungan semakin menurun. Nilai kekuatan geser tertinggi berada pada variasi sudut 30° dengan fraksi volume serat 40% dengan nilai sebesar 1.1768 Mpa serta nilai terendah berada pada variasi sudut 90° dengan fraksi volume serat 40% dengan nilai sebesar 0.1255 MPa.
2. Dari hasil foto makro dapat dilihat bahwa profil permukaan kayu meranti merah yang di-*sandblasting* menunjukkan semakin besar sudut *sandblasting* semakin banyak terdapat celah yang lebih dalam pada profil kayu meranti merah dan menyebabkan tidak meratanya hasil penggabungan matriks dan serat.
3. Semakin besar sudut *sandblasting* yang diberikan pada permukaan kayu meranti merah, akan menurunkan kemampuan kayu tersebut untuk mengunci (*locking*) komposit agar mampu menahan beban geser yang semakin besar.

5.2 Saran

1. Perlunya diadakan penelitian lebih lanjut perihal pengembangan metode dan teknologi yang lebih baik.
2. Perlu diadakan pengembangan penelitian dengan menentukan beberapa variasi lain untuk mendapatkan hasil penelitian yang nantinya bias digunakan sebagai referensi tambahan di penelitian selanjutnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. PENGENALAN JENIS KAYU Manfaat Pengenalan Jenis Kayu. [online]. Tersedia:
http://www.dephut.go.id/Halaman/STANDARDISASI_&_LINGKUNGAN_KEHUTANAN/INFO_III01/III_III01.htm (diakses: 5 September 2016).
- Anonim. TEKNIK STRUKTUR BANGUNAN DENGAN KONSTRUKSI KAYU 12.2. [online]. Tersedia:
http://www.crayonpedia.org/mw/TEKNIK_STRUKTUR_BANGUNAN_DENGAN_KONSTRUKSI_KAYU_12.2. (diakses: 5 September 2016).
- FC Campbell. 2010. *Structural Composite Materials*. Amerika Serikat: ASM Internasional.
<https://www.astm.org/Standards/D6272.htm> (Diakses : 14 Oktober 2016).
- <https://www.biodiversitywarriors.org/isi-katalog.php?idk=3453&judul=Meranti-Merah>.
 (Diakses : 3 Januari 2017).
- https://www.google.co.id/search?biw=1517&bih=756&q=standar+pengujian+tekan+ast+Pada+material+kayu&oq=standar+pengujian+tekan+astm+pada+material+kayu&gs_l=serp.3...62129.66333.0.66590.18.14.3.0.0.0.258.1395.0j3j4.7.0...0...1c.1.64.serp..13.1.257...30i10k1.GCUggoaf99M (diakses: 9 April 2016).
- [http://classes.engr.oregonstate.edu/mime/winter2012/me453001/Lab2%20Optical%20Measurements%20and%20Carbon%20Fiber%20Composite%20Beam/Composites%20Material%20Determination/D79002%20\(Flexural%20Properties%20of%20Composites\).pdf](http://classes.engr.oregonstate.edu/mime/winter2012/me453001/Lab2%20Optical%20Measurements%20and%20Carbon%20Fiber%20Composite%20Beam/Composites%20Material%20Determination/D79002%20(Flexural%20Properties%20of%20Composites).pdf) (diakses: 12 Mei 2017).
- <http://docslide.us/documents/astm-standards-for-wood.html> (diakses: 5 September 2016).
- <http://docslide.us/download/link/composite-standards-astm> (diakses: 5 September 2016).
- <http://nurun.lecturer.uin-malang.ac.id/wp-content/uploads/sites/7/2013/03/Material-Komposit.pdf> (diakses : 5 September 2016).
- <http://www.ptli.com/testlopedia/tests/Flexural-bending-ASTM-D6272.asp> (diakses: 10 Oktober 2016).
- Li Yongfeng. *Advance in Composite Materials*. Amerika Serikat : Northeast Forestry University.
- Metabrasive, E. 2009. *Training course blasting using wheel machines*, England.
- Pan, N. (1993). "Theoretical determination of the optimal fiber volume fraction and fiber-matrix property compatibility of short fiber composites". *Polym. Compos.* **14**: 85–93.

Pdf ASTM D790-02 *Flexure Test For Composite Material Three Point Metode* (diakses : 14 Oktober 2016).

Sugiyanti, Hardianyah, Sri Amintarti. Jurnal Wahana-Bio Volume VI. Desember 2011.

Trethewey, Kenneth R and Chamberlain, John. 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa dan rekayasa*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Waterbury, Mark C.; Drzal, Lawrence T. (1989). "Determination of Fiber Volume Fractions by Optical Numeric Volume Fraction Analysis". *J. Reinf. Plast. and Comps*

William D. Callister, Jr. 2006. *Material Science and Engineering*. Amerika Serikat : John Wiley & Sons, Inc.

